

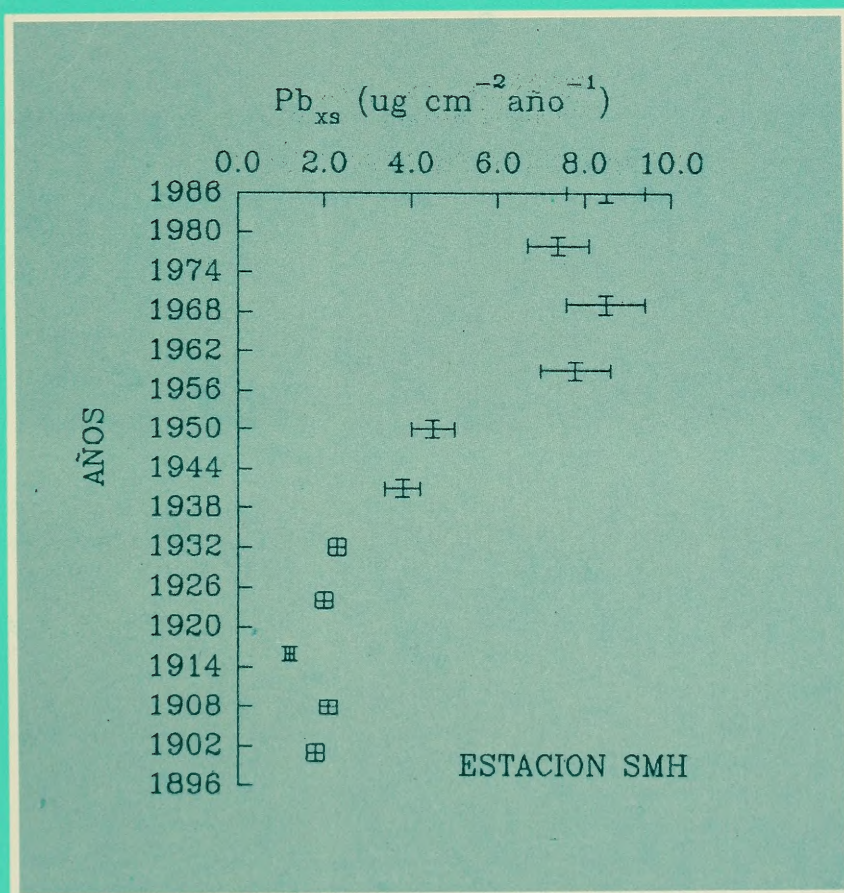
GAYANA OCEANOLOGIA

VOLUMEN 2

NUMERO 2

1994

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION-CHILE



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
Y OCEANOGRÁFICAS
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
CHILE**

DIRECTOR DE LA REVISTA
Andrés O. Angulo

REEMPLAZANTE DEL DIRECTOR
Oscar Matthei J.

REPRESENTANTE LEGAL
Augusto Parra Muñoz

PROPIETARIO
Universidad de Concepción

DOMICILIO LEGAL
Víctor Lamas 1290, Concepción, Chile

EDITOR EJECUTIVO GAYANA OCEANOLOGIA
Franklin Carrasco V.

COMITE ASESOR TECNICO

PATRICK ARNAUD
Station Marine d'Endoume
Marsella, Francia

WOLF ARNTZ
Alfred-Wegener-Institut für Polar-und
Meeresforschung Bremerhaven, Alemania

SERGIO AVARIA
Instituto de Oceanología
Universidad de Valparaíso, Viña del Mar

JARL-OWE BERGSTRÖM
Kristineberg Marine Biologiske Station
Kristineberg, Suecia

JUAN C. CASTILLA
Departamento de Biología Ambiental
y de Poblaciones
Universidad Católica de Chile, Santiago

ROBERT LAVENBERG
Los Angeles County Natural History Museum
Los Angeles California, EE. UU.

VICTOR MARIN
Departamento de Ciencias Ecológicas
Universidad de Chile, Santiago

CARLOS MORENO
Instituto de Ecología y Evolución
Universidad Austral de Chile, Valdivia

GILBERT T. ROWE
Texas A & M University
Department of Oceanography
College Station, Texas, EE.UU.

NELSON SILVA
Instituto de Oceanología
Universidad Católica de Valparaíso

Indexado en Bulletin Signaletique (Abstract, CNRS, Francia), Pascal Folio (Abstract, CNRS, Francia); Periodica (Index Latinoamericano, México); Marine Sciences Contents Tables (MSCT, Index FAO); Biological Abstract (BIOSIS); Entomology Abstract (BIOSIS); Zoological Records (BIOSIS); Ulrik's International Periodical Directory; Biological Abstract.

Diseño y diagramación
Débora Cartes S.

Marine Biological Laboratory /
Woods Hole Oceanographic Institution
Library

JUL 30 1997

Woods Hole, MA 02543

GAYANA OCEANOLOGIA

VOLUMEN 2

NUMERO 2

1994

CONTENTS

SALAMANCA, M.A. & A. CAMAÑO. Trace metal pollution history of two coastal areas in Northern and Central South Chile.....31

CARRASCO, F.D. & V. A. GALLARDO. Species diversity, distribution and abundance of the sublittoral macrobenthos, and observations on short term temporal dynamics of the sediments at Bahía Concepción, Chile.....49

LEPEZ, I.M.; O.L. ARACENA; C. SANTOS & O. OLIVARES. Settlement and recruitment of *Choromytilus chorus* in the intertidal of Purema, VIII Region, Chile.....69

GAYANA OCEANOLOGIA

VOLUMEN 2

NUMERO 2

1994

CONTENIDO

SALAMANCA, M.A. & A. CAMAÑO. Historia de la contaminación por metales en traza en dos áreas costeras del norte y centro-sur de Chile.....31

CARRASCO, F.D. & V. A. GALLARDO. Diversidad, distribución y abundancia del macrobentos sublitoral y observaciones sobre la dinámica temporal de corto término de los sedimentos de la Bahía Concepción, Chile.....49

LEPEZ, I.M.; O.L. ARACENA; C. SANTOS & O. OLIVARES. Asentamiento y reclutamiento de *Choromytilus chorus* en el intermareal de Puma, VIII Región, Chile.....69

“Los infinitos seres no podrán perfectamente conocerse sino luego que los sabios del país hagan un especial estudio de ellos”.

CLAUDIO GAY, Hist. de Chile 1: 14 (1847)

Portada: Flujo de exceso de metales.

Fig. 5 (Superior a la derecha) (Ver pág. 43)

ESTA REVISTA SE TERMINO DE IMPRIMIR
EN LOS TALLERES DE IMPRESOS ANDALIEN
CONCEPCION, CHILE
EN EL MES DE DICIEMBRE DE 1994
LA QUE SOLO ACTÚA COMO IMPRESORA
PARA EDICIONES UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

HISTORIA DE LA CONTAMINACION POR METALES EN TRAZA EN DOS AREAS COSTERAS DEL NORTE Y CENTRO-SUR DE CHILE

TRACE METAL POLLUTION HISTORY OF TWO COASTAL AREAS IN NORTHERN AND CENTRAL SOUTH CHILE

Marco A. Salamanca O.* y Andrés Camaño**

RESUMEN

Los sedimentos marinos de áreas costeras cercanas a centros urbanos e industriales generalmente contienen concentraciones de metales en traza superiores a los niveles naturales. Para establecer el significado de estos valores es fundamental conocer la concentración preindustrial de los metales en los sedimentos. Utilizando radioisótopos (Pb-210, vida media 22,3 años) se puede datar estos sedimentos y determinar los niveles preindustriales.

En este estudio se presentan los resultados de las dos únicas mediciones realizadas en Chile al respecto. La primera en 1988 en Talcahuano, VIII Región, en un testigo recolectado en los sedimentos de la marisma Rocuant. La segunda corresponde a una realizada en 1993 en dos testigos de sedimentos sublitorales de Caleta Coloso, Antofagasta, II Región.

En la marisma de Rocuant existe un sostenido aumento de Cu, Cd, Hg y Pb a partir de 1945, coincidente con la puesta en marcha de la siderúrgica Huachipato en 1947 y el desarrollo industrial posterior. En Caleta Coloso el aumento de Cu sobre los niveles preindustriales es desde 1960 y coincide con el aumento de la producción de Cu en los años 1960-1970 de la Gran Minería.

Esta metodología ha establecido que los sedimentos superficiales de Rocuant contienen 10 veces los niveles pre-industriales de Cu, Cd, Pb y Hg y 5 a 6 veces el valor preindustrial de Cu en Caleta Coloso.

PALABRAS CLAVES: contaminación, metales traza, geocronología, radioisótopos, sedimentos costeros.

ABSTRACT

The marine sediments of coastal areas close to urban and industrial centers contains trace metal concentrations higher than natural levels. To establish the significance of these high values it is necessary to know the pre-industrial concentration level of these metals. Using ^{210}Pb (half life 22.3 yrs), a natural radioisotope of uranium decay series, it is possible to determine the geochronology of coastal sediments and establish pollutant pre-industrial levels.

In this paper it is reported the two unique measurements carried out in Chile using the approach described above. The first one done in 1988 using sediments of Rocuant salt marsh (Talcahuano, VIII Region). The second one carried out in 1993 corresponds to sublittoral sediments collected of Caleta Coloso (Antofagasta, II Region).

In the Rocuant salt marsh sediments there is a sustained increase of Cu, Cd, Hg y Pb starting from 1945, which is coincident with the beginning of operation of Huachipato steel mill company in 1950, and the following industrialization of the area. In Caleta Coloso there is an increase of Cu over natural background beginning in 1955-1960 and is coincident with the increase of Cu production of mining activities in 1960-1970. This methodology has established that the surficial sediments of Rocuant marsh contains 10 times the pre-industrial levels of Cu, Cd, Hg and Pb. The surficial sediments of Caleta Coloso contains 5 to 6 times the pre-industrial concentration levels.

KEYWORDS: pollution, trace metal, geochronology, coastal sediments.

INTRODUCCION

Los sedimentos marinos de áreas costeras, cercanas a centros urbanos e industriales, generalmente contienen concentraciones de metales en traza varias veces mayores que los niveles naturales, lo que indica un origen antropogénico

*Departamento de Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. Casilla 2407, Concepción.

**Gerencia de Recursos y Medio Ambiente, Minera Escondida Ltda. Avenida Angamos 721. Antofagasta.

(Chester y Voutsinou, 1981; Meyerson *et al.*, 1981; Luoma 1990; Giordano *et al.*, 1992; y French, 1993).

El conocimiento de la concentración y distribución de los metales en traza en los sedimentos, permite determinar su disponibilidad en el sistema marino (Cosma *et al.*, 1982), ya que su inclusión en los sedimentos representa un importante reservorio de metales desde donde éstos pueden, eventualmente, retornar a la columna de agua por procesos de difusión y mezcla, actividad de los organismos bentónicos (Meyerson *et al.*, 1981) y resuspensión. Por otra parte, permite además detectar procesos de contaminación en un área costera particular (Fostner y Whitman, 1979; Turekian *et al.*, 1980).

Para establecer con certeza el origen de un metal en traza en sedimentos costeros, cuyos aportes son variados y difusos por naturaleza (Goldberg *et al.*, 1977), es fundamental conocer el valor natural previo al inicio de los aportes antropogénicos en el área de estudio, i.e., la concentración preindustrial. Esto se puede lograr recolectando muestras de sedimento lo suficientemente profundas que aseguren que las muestras corresponden a períodos preindustriales. Esto puede ser establecido utilizando técnicas radioisotópicas para datar los sedimentos. De tal forma que, combinando información sobre los flujos de metales en traza con la geocronología de los sedimentos del área de estudio, se puede descifrar la historia de los procesos de contaminación y de esta forma estimar con exactitud los niveles preindustriales del metal de interés y así determinar la real magnitud de los aportes antropogénicos.

Para datar sedimentos recientes se ha utilizado el Pb-210, un radioisótopo natural de la serie del U-238, con una vida media de 22,3 años. Esto permite datar sedimentos de hasta 100-150 años de antigüedad, período que cubre el comienzo del desarrollo urbano e industrial de muchas áreas costeras (Benninger, 1978; Carpenter *et al.*, 1981; Salamanca, 1988).

En consideración a lo anterior, se utilizó esta metodología en dos áreas costeras de Chile, ambas con intensa actividad antropogénica, las que pueden alterar el flujo natural de algunos metales en traza. La primera medición se llevo a cabo en 1988 en sedimentos de la marisma de Rocuant, ubicada en la playa sur de Bahía Con-

cepción, VIII Región. A esta bahía llegan una variada gama de desechos que entran al agua directamente por la atmósfera, a través de emisarios industriales y/o descargas municipales (Chuecas y Salamanca, 1985). La segunda medición fue realizada en 1993 en Caleta Coloso, Antofagasta, II Región. En este lugar la empresa Minera Escondida Limitada posee un puerto de embarque de concentrado de cobre con canchas de acopio, lo que puede redundar en un aumento de los flujos de Cu y otros metales producto de las actividades indicadas.

Los objetivos del presente estudio son determinar si existe un aumento de las concentraciones de metales en traza sobre los niveles preindustrial en ambas áreas. Además, si se establece que dicho aumento existe, entonces interesa determinar desde cuándo se observa este aumento y cuantificar también los flujos de metales, estimando la tasa de acumulación de los sedimentos en las áreas de estudio. Con toda esta información se podrá entonces establecer los niveles preindustriales de los metales de interés y así conocer la magnitud de los procesos de contaminación en estas áreas y la evolución de éstos en el tiempo.

MATERIALES Y METODOS

Para responder las preguntas planteadas en el presente estudio se recolectaron testigos de sedimentos utilizando tubos de plexiglass de 6,7 cm de diámetro interno. En la marisma de Rocuant se recolectó un testigo en forma manual (designado como SMH), en el borde superior del canal de marea, entre las plantas de *Spartina* sp. En Caleta Coloso se recolectaron dos testigos (designados A y B) mediante buceo autónomo (SCUBA) en sedimentos sublitorales (Fig. 1). Para datar apropiadamente sedimentos marinos se requiere que los puntos de muestreo contengan una fracción fina de sedimentos, que es la fracción donde se acumulan preferentemente los elementos en traza y radioisótopos. Esto determinó que, antes de obtener las muestras definitivas, se realizaran varios intentos en distintos puntos cercanos al muelle de Minera Escondida en Caleta Coloso, hasta obtener un testigo de 20 cm de longitud, y sedimentos de arena media a fina. La

compactación de los sedimentos, debido a los procedimientos para colectar la muestras, fue menor al 6%.

El sedimento de cada testigo fue cortado en secciones de 1 y 2 cm de espesor y a cada una de ellas se le determinó el contenido de agua, la densidad aparente y el contenido de materia orgánica total mediante calcinación. Posteriormente, las muestras secas fueron homogeneizadas en un mortero de sílice y guardadas en bolsas plásticas debidamente etiquetadas.

A cada sección se le determinó la actividad de ^{210}Pb por espectroscopía alfa de su hija ^{210}Po (Flynn, 1968) en el Laboratorio de Radioquímica del Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción. Para ello se utilizó un espectrómetro Canberra Quad Alfa 7404 conectado a un Analizador Multicanal 35 PLUS con 4096 canales. Los períodos de conteo fueron de 48 horas y las actividades se informan con 1 sigma del conteo.

El contenido de metales en traza total, Cu, Cd, Hg y Pb para el caso de los sedimentos de la marisma de Rocuant y Cu y Zn para Caleta Coloso, se determinó por espectroscopía de absorción atómica en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias, Universidad de Concepción. Las mediciones se efectuaron en un Espectrofotómetro Perkin Elmer 306, equipado con corrector de fondo de deuterio y con llama de aire-acetileno. Las muestras fueron disueltas totalmente en una mezcla de ácidos concentrados de calidad "Suprapur". Para la determinación de Hg se utilizó la técnica de vapor frío. La exactitud de las determinaciones varió entre un 5% y un 7%, dependiendo del metal, respecto a un estándar de sedimento de río NBS 1645. La precisión de las técnicas analíticas fue determinada a partir del promedio de cinco réplicas de una muestra compuesta de los sedimentos estudiados (Tabla I).

RESULTADOS

CARACTERISTICAS GENERALES DEL SEDIMENTO

Los sedimentos de la marisma de Rocuant presentan una capa superficial de aproximadamente 5 cm de espesor con un alto contenido de restos de *Spartina* sp., seguidos de fango hasta los 20 cm de profundidad. Desde este nivel se

observa un aumento de la arena. Un fuerte olor a ácido sulfídrico se detectó en todas y cada una de las secciones analizadas. En Caleta Coloso, los sedimentos de los testigos recolectados corresponden a una mezcla de arenas finas y medias a lo largo de toda su extensión. En los primeros 5 cm se observan algunos gastrópodos y gusanos poliquetos tubícolas. En ambos testigos, alrededor de los 18-20 cm, se detectó una capa con abundantes restos calcáreos. Hacia el fondo de los testigos se evidenció una cantidad apreciable de trozos de carbón vegetal de gran tamaño.

PARAMETROS GEOQUIMICOS

La información geoquímica de los sedimentos de los testigos SMH, A y B se presenta en las Tablas II, III y IV, respectivamente. El contenido agua del testigo SMH varía entre 73% en superficie y valores cercanos al 50% en el fondo. En los testigos A y B, el contenido de agua es, en general, bajo y relativamente uniforme con la profundidad, presentando un rango de variación entre un 16 y 27%. De igual forma, la densidad aparente del testigo SMH varió entre $0,227 \text{ g cm}^{-3}$ en superficie, aumentando con la profundidad hasta valores cercanos a $0,329 \text{ g cm}^{-3}$. En los testigos A y B, la densidad varía entre $0,366$ y $0,594 \text{ g cm}^{-3}$, con un patrón de distribución similar al del contenido de agua.

La materia orgánica total (MOT) muestra una marcada diferencia entre los dos lugares estudiados. En Rocuant la MOT presenta altos valores en superficie (alrededor de un 38%) para disminuir a un 2 a 3% a partir de los 20 cm de profundidad. En los sedimentos sublitorales de Caleta Coloso, al igual que el contenido de agua, la cantidad de MOT fue baja, con valores que variaron entre un 1% en los niveles más profundos y un 2,8% en las capas superiores. Valores mayores (alrededor de un 5%) se observaron en aquellas secciones que presentaron un alto contenido de carbón vegetal, particularmente en la Estación A (Tablas III y IV).

DISTRIBUCION DE ^{210}Pb

En la Fig. 2 se presenta la actividad de ^{210}Pb en los sedimentos de la marisma Rocuant en función de la profundidad y expresada en dpm g^{-1} peso ceniza. Se aprecia que existe un exceso de actividad de ^{210}Pb sobre los niveles mantenidos

por el padre ^{226}Ra (considerado como el promedio de actividad desde el nivel donde no hay cambios significativos de la actividad del ^{210}Pb con la profundidad). La actividad superficial total alcanza los $4,29 \pm 0,29$ dpm g^{-1} peso ceniza, disminuyendo regularmente con la profundidad, para hacerse aproximadamente constante a partir de los 15 cm de profundidad.

En Caleta Coloso, la distribución vertical de ^{210}Pb presenta un patrón similar en los dos testigos estudiados, con una capa superficial de aproximadamente 5 cm de espesor, con actividades relativamente uniformes (considerando el error de la medición). Desde este nivel, la actividad del ^{210}Pb disminuye exponencialmente hasta los 12 cm aproximadamente, para luego aumentar y disminuir nuevamente hasta los niveles más profundos, donde la actividad se hace homogénea, indicando que se alcanzó los niveles mantenidos por el decaimiento de su padre (Fig. 2).

METALES EN TRAZA

En la Fig. 3 se muestra la distribución vertical de Cu, Cd, Hg y Pb en el testigo SMH. Se aprecia claramente que existe un aumento de la concentración de estos metales a partir de los 15 cm de profundidad aproximadamente. En el caso del Hg se observa una disminución de la concentración en la capa superficial con respecto a las secciones más profundas, generando un máximo subsuperficial relativo.

En los sedimentos de Caleta Coloso, el Cu y Zn muestran una distribución vertical completamente diferente entre sí, pero semejante para cada metal en cada testigo estudiado (Fig. 4). El Cu muestra en ambas estaciones, al igual que el ^{210}Pb , una capa superficial hasta los 5 cm de profundidad con concentraciones uniformes. Desde este nivel disminuye casi exponencialmente hasta aproximadamente los 20 cm de profundidad. Posteriormente, se observan concentraciones prácticamente uniformes con la profundidad, considerando el error analítico. El Zn no muestra ningún patrón definido de distribución vertical, con valores que fluctúan dentro del error analítico a lo largo de toda la columna de sedimento. Estas variaciones son más notorias en la Estación B, particularmente en las cuatro últimas secciones, con alto contenido de carbón vegetal, donde se observa un significativo aumento de las concentraciones de Zn.

DISCUSION

Las áreas estudiadas corresponden a dos ambientes sedimentarios diferentes, i.e., un sistema subaéreo representado por la marisma de Rocuant y un sistema sublitoral representado por los sedimentos costeros de Caleta Coloso. Además de esta diferencia, es importante destacar que esta última zona se encuentra ubicada en un área desértica, por lo tanto sujeta a procesos geoquímicos diferentes a los de la zona sur, principalmente debido a la falta de precipitaciones húmedas en la zona norte.

El contenido de materia orgánica total (MOT) disminuye marcadamente desde la superficie hasta los 22 cm de profundidad en el testigo SMH. Este patrón puede ser el resultado de varios factores entre los cuales se puede indicar la presencia de arena en el nivel de 22 cm, las que generalmente contiene menos MOT (Cochran and Aller, 1979; Benninger and Krishnaswami, 1981). Por otra parte la alta productividad de las marismas, debido a la presencia de *Spartina* sp., puede aportar significativas cantidades de MOT, particularmente las raíces y rizomas (Valiela *et al.*, 1976; Smith *et al.*, 1979; Pomeroy and Weigert, 1981). La fase orgánica está asociada con la fracción fina no compactada, proporcionando una mayor razón superficie/volumen, aumentando así la adsorción de sustancias desde la fase disuelta (Zippie, 1977). Finalmente se debe señalar que la marisma de Rocuant recibe la descarga de varios efluentes de industrias pesqueras y efluentes municipales no tratados. El perfil de MOT es probablemente el resultado de los tres procesos indicados arriba. Los sedimentos de Caleta Coloso corresponden a arenas media y fina las cuales, en general, presentan bajos contenidos de MOT, lo que explica los valores encontrados ($< 2,8\%$), indicando la importancia menor de las fracciones finas en estos sedimentos.

GEOCRONOLOGIA DE LOS SEDIMENTOS

La acumulación de ^{210}Pb en los sedimentos ha sido usada para la determinación de la relación edad-profundidad en sedimentos y también para determinar la tasa de acumulación de sedimentos marinos (Koide *et al.*, 1972; Armentano y Woodwell, 1975; Goldberg *et al.*, 1977). Asumiendo que el flujo de $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ ha sido constante, al menos durante el período de aplicación de este método (aproximadamente 100 años) y, aunque

la tasa de depositación haya variado, el inventario total de $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ acumulado bajo un determinado horizonte permite calcular la edad de dicho estrato respecto a la superficie (McCaffery and Thomson, 1980).

Los sedimentos de la marisma de Rocuant muestran, en general, una disminución exponencial de la actividad del ^{210}Pb hasta los 14 cm aproximadamente. Considerando que estos sedimentos se caracterizan por no presentar bioperturbación, lo que significa que el registro sedimentario ha permanecido inalterado, se debe esperar, por lo tanto, que la disminución exponencial de la actividad observada en este testigo, se deba solamente al decaimiento radiactivo, permitiendo entonces el cálculo de la edad de los diferentes estratos.

La edad de la sección más profunda, en el testigo en la marisma de Rocuant, corresponde al año 1938, con una tasa de acumulación de $0,3 \text{ cm año}^{-1}$, la cual es comparable a la de otras marismas, por ejemplo en la costa este de Estados Unidos (e.g., McCaffery and Thompson, 1980; Giblin and Howarth, 1984; Giblin *et al.*, 1986).

En Caleta Coloso, los cálculos de edad en la Estación A alcanzan aproximadamente hasta el año 1901 para el estrato más profundo que presenta un exceso de ^{210}Pb , con una tasa de acumulación (S) para el período de $0,21 \text{ cm año}^{-1}$. Sin embargo, es claro que existe un alto grado de variación, probablemente por la cercanía de la costa y la dinámica del lugar (Fig. 3). En la Estación B, la disminución de la actividad con la profundidad es más gradual, permitiendo calcular una edad, para el estrato más profundo con exceso de ^{210}Pb , equivalente al año 1896. La tasa de acumulación estimada para esta columna de sedimentos es $0,20 \text{ cm año}^{-1}$. El error estimado en el cálculo de S alcanza aproximadamente a un 10% y está dado, básicamente, por la precisión del corte de las secciones de sedimento y el error del conteo del ^{210}Pb . Así, dentro del error del cálculo, la tasa de acumulación obtenida en cada testigo es prácticamente igual. El inventario de $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ en el testigo SMH de Rocuant alcanza a $5,5 \text{ dpm cm}^{-2}$, el cual es mantenido por un flujo equivalente a $0,18 \text{ dpm cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$. El inventario de $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ promedio en Caleta Coloso alcanza a $8,97 \text{ dpm cm}^{-2}$, el cual es mantenido por un flujo de $0,27 \text{ dpm cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$. Estos valores son comparables al flujo atmosférico regional de $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ obtenido por Turekian *et al.* (1977) para el continente sudamericano ($0,17$

$\text{dpm cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$), indicando que el transporte atmosférico puede ser un mecanismo importante de aporte de ^{210}Pb y de otros elementos partícula reactivos en el área.

GEOCRONOLOGIA DE LOS METALES PESADOS

Para estimar si ha existido en el tiempo un aporte no natural de metales en las áreas de estudio, es fundamental conocer, en la forma más precisa posible, los niveles preindustriales de los metales en traza en cada área en particular. Esto se debe a que el nivel preindustrial de un elemento depende, entre otros factores, de los aportes naturales al área. Este nivel puede ser conocido a partir de la distribución vertical de los metales en testigos recolectados en el área de interés (Bruland *et al.*, 1974; Chow *et al.*, 1973; Erel *et al.*, 1991).

El nivel preindustrial para cada testigo estudiado se calculó como el promedio de las concentraciones del metal, donde no se observa cambio en la concentración con la profundidad. Este valor fue comparado con la datación efectuada a cada testigo para verificar que este nivel corresponde a la época preindustrial del área. Así, combinando la información proveniente de la distribución de ^{210}Pb y de los elementos en traza en estudio, se obtuvieron los niveles preindustriales de los metales considerados en cada área de estudio, los que se presentan en la Tabla V. En Caleta Coloso se aprecia, en general, que existe una buena correspondencia entre los valores estimados en los dos testigos considerando el error del cálculo, presentando una mayor variación el nivel preindustrial del Zn.

DISTRIBUCION DE METALES

En los sedimentos del testigo SMH existe un aumento de Cu, Pb, Cd y Hg que es aproximadamente 9, 4, 6 y 10 veces el valor preindustrial, respectivamente. El exceso de metales observado en superficie corresponde claramente a aportes antropogénicos locales, los que se deben principalmente a aportes vía atmósfera desde el centro industrial ubicado en el área de San Vicente. Este enriquecimiento coincide claramente con el comienzo de la industrialización de la zona de Concepción, con la construcción de la planta siderúrgica de la Compañía de Acero del Pacífico (CAP) en 1945 y su puesta en marcha en 1947, en el lugar denominado Huachipato, en la Bahía de San Vicente (Fig. 5).

El perfil de Hg en el testigo SMH muestra un patrón de distribución diferente al de Cu, Pb y Cd, el cual se caracteriza por presentar un máximo subsuperficial. Este patrón puede ser explicado, señalando al respecto la eliminación de aproximadamente 1 kg de Hg por día (entre 1970 y 1975) a través de la chimenea de una planta petroquímica ubicada en la zona industrial de San Vicente. En 1975 las autoridades locales prohibieron la eliminación a la atmósfera de Hg (Unda, 1978). De esta forma el aporte atmosférico de Hg al área de San Vicente y alrededores disminuyó, explicando el mínimo relativo de Hg presente en los sedimentos de la marisma de Rocuant (Fig. 5).

En la Fig. 6 se observa que existe un aumento significativo de Cu sobre los niveles preindustriales de este elemento en Caleta Coloso ($47 \pm 2 \mu\text{g g}^{-1}$), produciendo un exceso de Cu (Cu_{xs}) a partir de aproximadamente los 20 cm de profundidad (Tabla IV). En superficie el exceso de Cu es tres veces superior al nivel preindustrial. Esto indica que existe un aporte no natural de Cu para el área de estudio (Fig. 6). Cuando se combina la información del Cu_{xs} con la geocronología del ^{210}Pb , se observa claramente que aproximadamente a partir del año 1960 hay un sostenido aumento del flujo de Cu_{xs} en el área de Caleta Coloso de origen no natural. Sin embargo, debido a la bioperturbación de los primeros 5 cm de la columna de sedimento, no se puede establecer con precisión si esta tendencia ha disminuido en los últimos 25 años o continúa actualmente. Este aumento de Cu es coincidente con el aumento de la producción del mismo en la II Región (Fig. 7).

El inventario de Cu_{xs} en el área de Coloso indica que existe un flujo de este elemento que es 10 veces el flujo preindustrial de Cu al área. En el caso del Zn, en la Estación A (Fig. 6) no se observa un aumento de este elemento en el tiempo, correspondiendo las concentraciones observadas a los niveles preindustriales. Esto indica que no existen otros aportes de Zn en los primeros 30 cm de la columna de sedimentos de Caleta Coloso. No obstante, en la Estación B se observa un leve aumento de las concentraciones absolutas de Zn total a partir de 1985, sin embargo este aumento está dentro del margen de error de los cálculos, por lo tanto no se considera significativo.

La presencia de restos de carbón vegetal en la base de los testigos de Caleta Coloso es un horizonte de referencia significativo. Este puede ser explicado por el hecho de que en Coloso existió a principio de siglo (año 1907) un puerto de carga general con dos sitios de atraque, donde se exportaba el salitre producido en el Cantón Aguas Blancas, ubicado 80 km al sureste de Coloso y a su vez se recibía carbón y suministros para la minería del salitre y para poblaciones cercanas. Esto implicó un activo tráfico marítimo de barcos de vapor utilizados en esa época (Recabarren *et al.*, 1989). Este horizonte de carbón vegetal en la base de los testigos es una evidencia indirecta de la validez de la datación de los sedimentos sublitóreales en Coloso, ya que este estrato corresponde al año 1901-1986 según la geocronología obtenida con el ^{210}Pb .

CONCLUSIONES

Se puede concluir que i) en los sedimentos de la marisma de Rocuant existe un aumento de Cu, Pb, Cd y Hg por sobre los niveles preindustriales a partir del año 1945 aproximadamente; ii) los flujos de Cu, Pb, Cd y Hg registrados en los sedimentos superficiales de Rocuant son 9, 4, 6 y 10 veces respectivamente los flujos preindustriales para la zona de Concepción; iii) los sedimentos de la marisma de Rocuant se acumulan a una tasa de $0,3 \text{ cm año}^{-1}$, la cual es comparable con el ascenso del nivel del mar a escala global; iv) existe un claro y sostenido aumento del flujo de Cu_{xs} (de origen antrópico) a partir de 1955 en los sedimentos de Caleta Coloso, que en superficie (año 1993) es aproximadamente 10 veces el flujo natural en la Estación A y 5 veces en la Estación B. Este aumento es coincidente con el incremento de la producción de Cu en la II Región; iv) no se puede decir, en este momento, si el flujo de Cu_{xs} continúa en aumento o ha disminuido, debido a la mezcla de la capa superficial de los sedimento por la actividad de los organismos bentónicos y v) la tasa de acumulación para Caleta Coloso, determinada según la distribución de $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$, es de $0,21 \pm 0,2 \text{ cm año}^{-1}$, valor que está dentro del rango informado para áreas costeras.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada con aportes de la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción, Proyecto DIU N° 20.37.20, así como también de la Gerencia de Medio Ambiente y Recursos de Minera Escondida Ltda., Antofagasta.

BIBLIOGRAFIA

- ARMENTANO, T. AND G. WOODWELL. 1975. Sedimentation rates in a Long Island marsh determined by ^{210}Pb dating. *Limnol. Oceanogr.*, 20(3):452-456.
- BENNINGER, L. 1978. ^{210}Pb balance in Long Island Sound. *Geochim. Cosmochim. Acta* 42: 1165-1174.
- BENNINGER, L. AND S. KRISHNASWAMI. 1981. Sedimentary processes in the inner New York Bight: Evidence from excess ^{210}Pb and $^{239,240}\text{Pu}$. *Earth Planet. Sci. Lett.* 53: 158-174.
- BRULAND, K., K. BERTINE, M. KOIDE, AND E. GOLDBERG. 1974. History of metal pollution in Southern California coastal zone. *Environ. Sci. and Tech.* 8: 425-432.
- CARPENTER, R., J. BENNET, AND M. PETERSON. 1981. ^{210}Pb activities in and fluxes to sediments of the Washington continental slopes and shelf. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 45, 1155-1172.
- CHESTER, R. AND F. VOUTSINOI. 1981. The initial assessment of trace metal pollution in coastal sediments. *Mar. Poll. Bull.*, 12, 127-132.
- CHOW, T., K. BRULAND, K. BERTINE, AND A. SOUTAR. 1973. Lead pollution: Records in Southern California coastal sediments. *Science* 8: 551-552.
- CHUECAS, L. Y M. SALAMANCA. 1985. Primer informe "Programa de vigilancia de contaminantes en Bahía Concepción, VIII Región, Chile." Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y área costera del Pacífico Sudeste. PNUMA/CPPS. 76 pp. (No publicado).
- COCHRAN, K. AND R. ALLER. 1979. Particle reworking in sediments from the New York Bight Apex: Evidences from $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ disequilibrium. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 9, 739-747.
- COSMA, B., R. FRACHE, F. BAFFI AND A. DADOVE. 1982. Tracé metals in sediments from Ligurian Coast, Italy. *Mar. Poll. Bull. Vol.* 13, 127-132.
- EREL, Y., J. MORGAN AND C. PATTERSON. 1991. Natural levels of lead and cadmium in remote mountain stream. *Geochem. et Cosmochem. Acta.* Vol. 55, 707-719.
- FLYNN, W. W. 1968. The determination of low levels of Polonium-210 in environmental materials. *Anal. Chem. Acta*, 43, 221-227.
- FOSTNER, V. AND G. WITTMAN. 1979. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag. Berlin, 486 pp.
- FRENCH, P. 1993. Post-industrial pollutant levels in contemporary Svern estuary intertidal sediments, compared to pre-industrial levels. *Mar. Poll. Bull. Vol.* 26, 30-35.
- GIBLIN, A. AND R. HOWARTH. 1984. Porewaters evidence for dynamic sedimentary cycle in salt marshes. *Limnol. Oceanogr.*, 29(1):47- 63.
- GIBLIN, A., G. LUTHER III, AND I. VALIELA. 1986. Trace metal solubility in salt marsh sediments contaminated with sewage sludge. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 23, 000-000.
- GIORDANO, P., L. MUSMECI, L. CIARALLI, P. VERNILLO, J. CHIRICO, N. PICCIONI AND S. COSTATINI. 1992. Total contents and sequential extractions of Hg, Cd and Pb in coastal sediments. *Mar. Poll. Bull. Vol.* 24, 350-357.
- GOLDBERG, E., E. GAMBLE, J. GRIFFIN, AND M. KOIDE. 1977. Pollution history of Narragansett Bay as recorded in its sediments. *Estuar. Coast. Mar. Sci.*, 5, 549-561.
- KOIDE, M., A. SOUTAR AND E. GOLDBERG. 1972. Marine geochronology with ^{210}Pb . *Earth Planet. Sci. Lett.*, 14, 442-446.
- LUOMA, S. 1990. Process affecting metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments. *In: Heavy metals in the marine environment* (Eds. R. Furness and P. Rainbow) CRC Press Inc. New York. 255 pp.
- MCCAFFREY AND J. THOMSON. 1980. A record of the accumulation of sediment and trace metals in a Connecticut salt marsh. *Advances in Geophysics* 22: 165-236.
- MEYERSON, A., G. LUTHER III, J. KRAJAWSKI, AND R. HIRER. 1981. Heavy metal distribution in Newark Bay sediments. *Mar. Poll. Bull.*, 12, 244-250.
- POMEROY, L. AND R. WEIGERT. 1981. Ecology of a salt marsh. Springer-Verlag. 271 pp.
- RECABARREN, F., A. OBILINOVIC AND J. PANADES. 1989. Coloso, Una aventura histórica. Informe Minera Escondida (No publicado).
- SALAMANCA, M. A. 1988. ^{210}Pb and trace metal distribution in Concepcion Bay sediments. M.Sc. Thesis. MSRC. State University of New York. 86 pp.
- SALAMANCA, M. A. 1989. El efecto de la bioperturbación en la distribución del exceso de Pb-210 y Pu-239,240 en los sedimentos de Bahía Concepción, Chile. *Cienc. y Tec. del Mar*, 13, 43-56.
- SERNAMIN 1992. Anuario de Producción de Cobre (No publicado).
- SMITH, K., R. GOOD, AND F. GOOD. 1979. Production

- dynamics for above and below ground of a New Jersey *Spartina alterniflora* tidal marsh. Estuar. Coast. Mar. Sci., 9, 189-201.
- TUREKIAN, K., Y. NOZAKI, AND L. BENNINGER. 1977. Geochemistry of atmospheric Radon and Radon products. Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 5, 227-255.
- TUREKIAN, K. K., J. K. COCHRAN, L. K. BENNINGER, AND R. ALLER. 1980. The sources and sinks of nuclides in Long Island Sound. Advances in Geophysics 22: 129-163.
- UNDA, P. 1978. Aspectos generales sobre la contaminación de la Octava Región. En: Actas Seminario/Taller sobre Desarrollo e Investigación de los Recursos Marinos de la Octava Región, Chile. A. Gallardo, ed., pp. 227-237 (No publicado).
- VALIELA, I., S. VINCE, AND J. TEAL. 1976. Assimilation of sewage by wetlands. In: Estuarine Processes, Vol. I, 234-253.
- ZEPPPIE, C. R. 1977. Vertical profiles and sedimentation rates of Cd, Cr, Cu, Ni and Pb in Jamaica Bay, New York. M.S. Thesis. Marine Science Research Center, State University of New York. 85 pp.

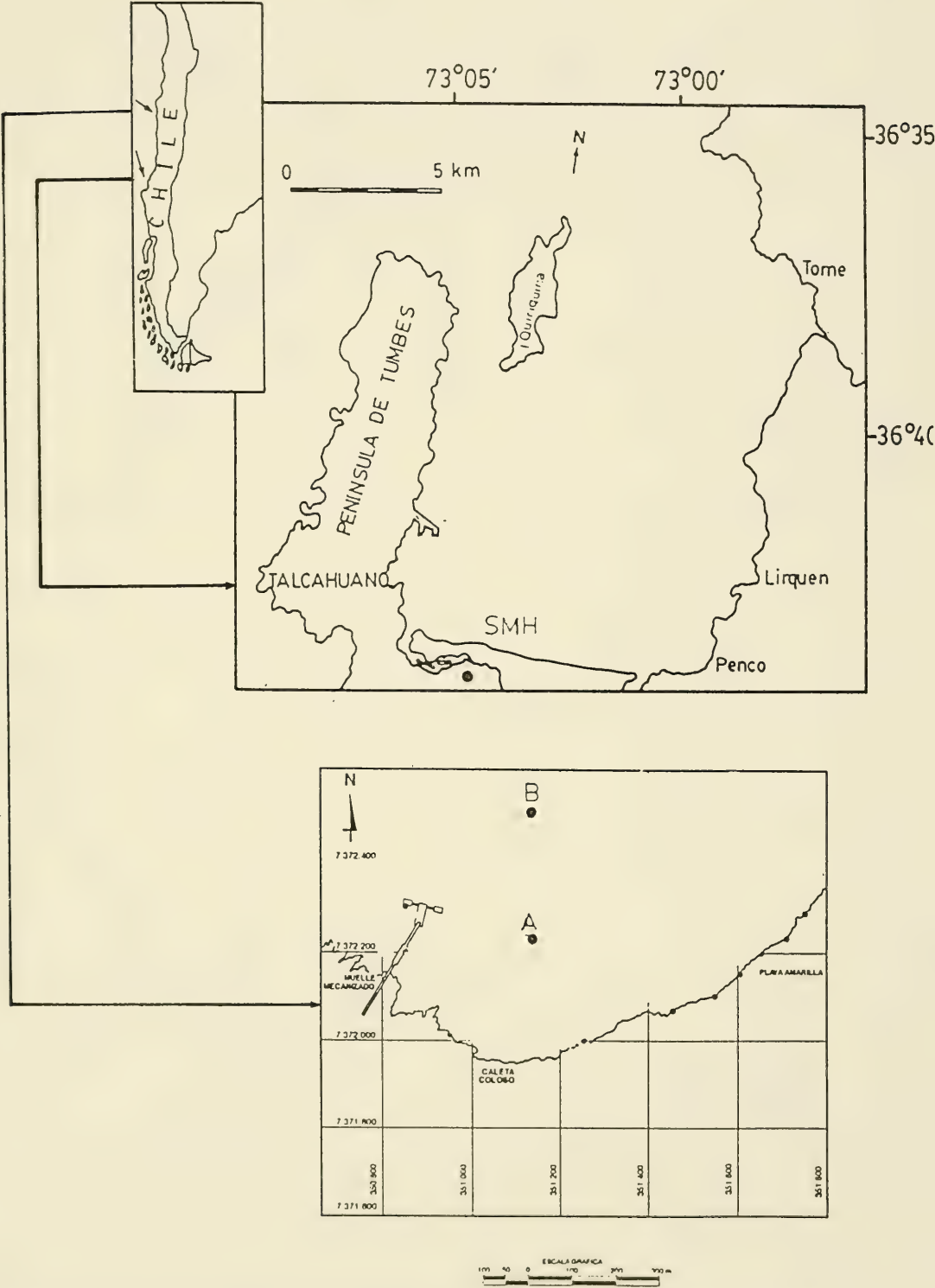


FIGURA 1. Mapa de las áreas de estudio indicando la ubicación de las estaciones de colección de los testigos.

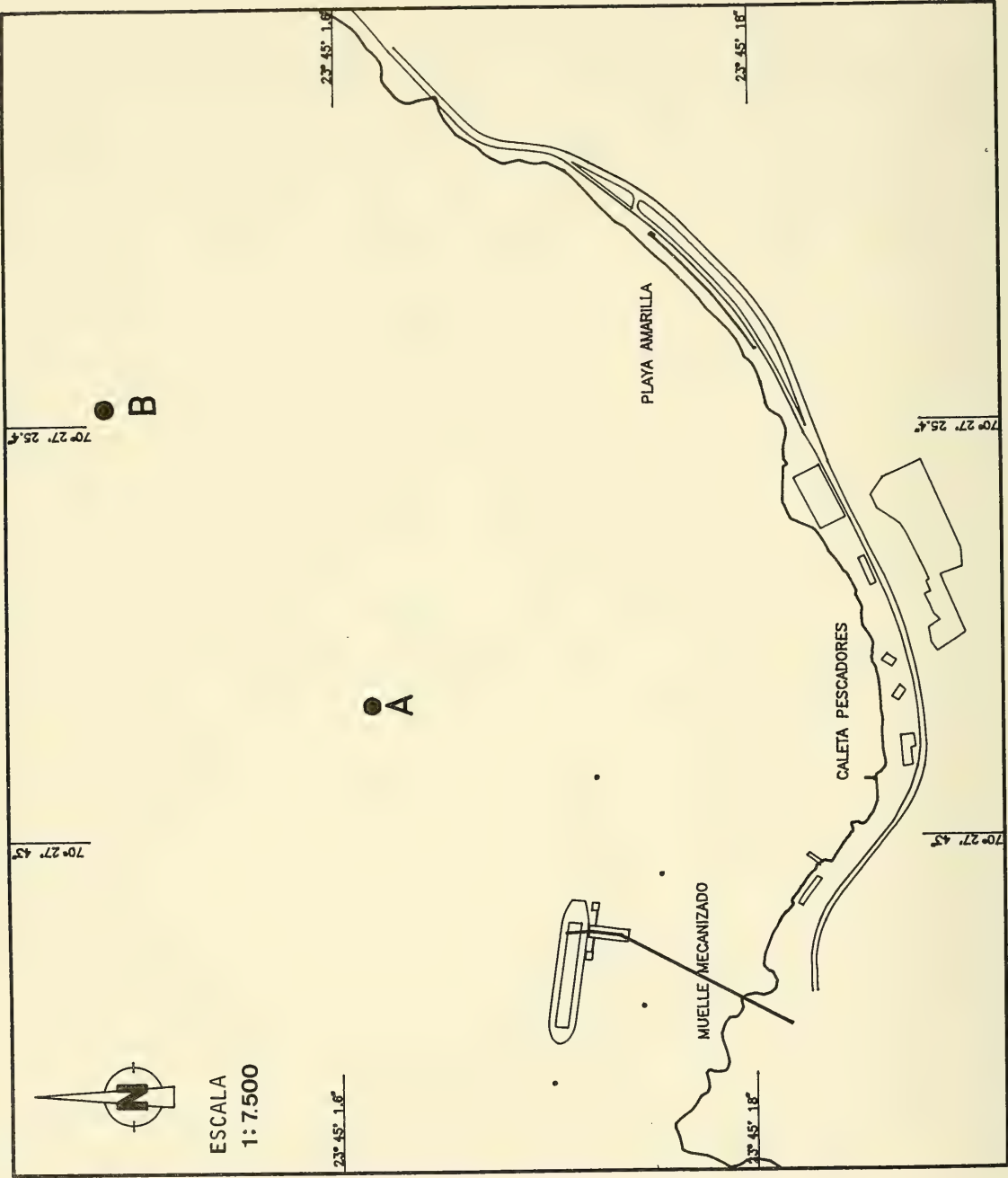


FIGURA 1b.

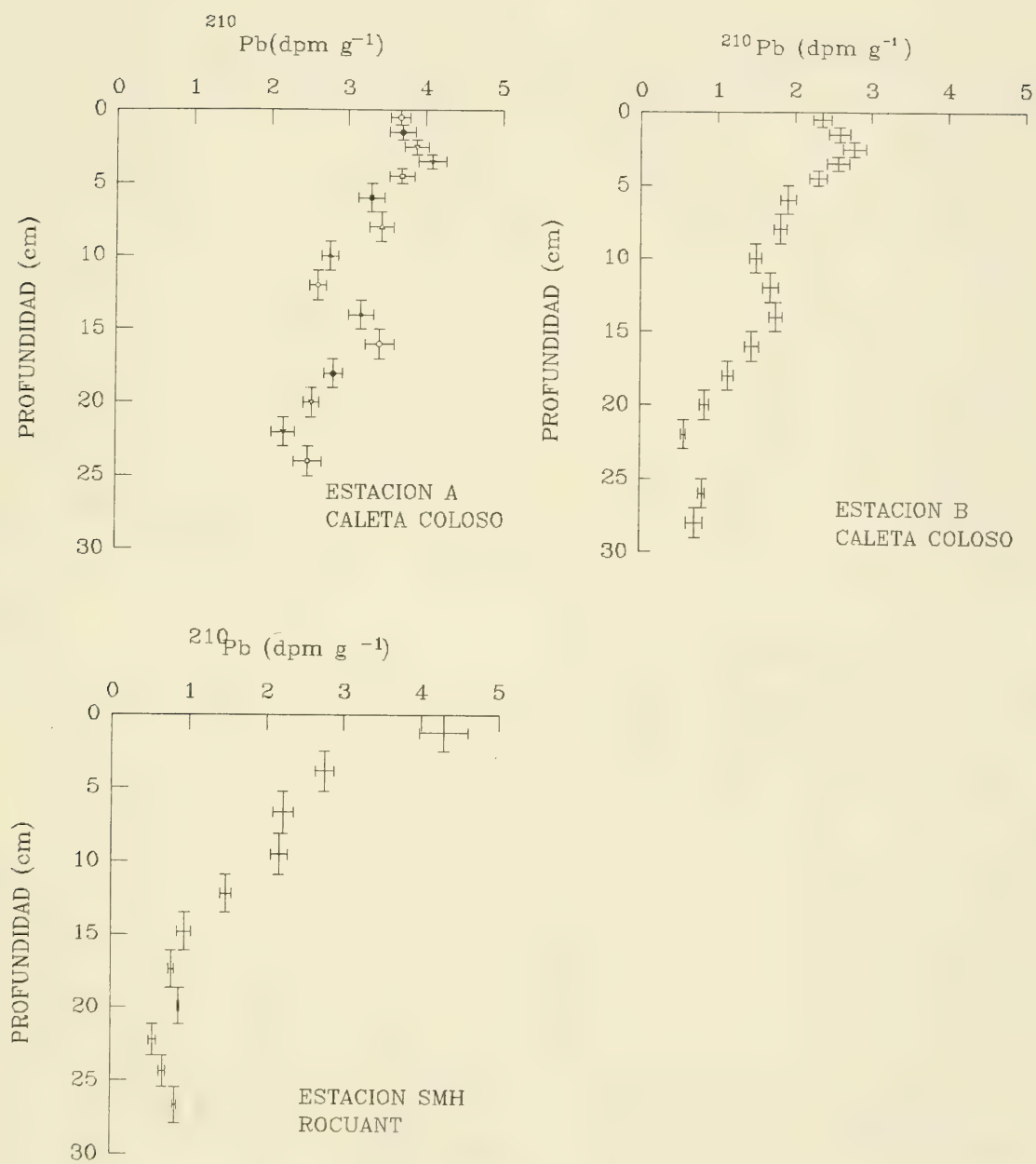


FIGURA 2. Distribución vertical de ^{210}Pb en la marisma de Rocuant (SMH) y Caleta Coloso (Est. A y B).

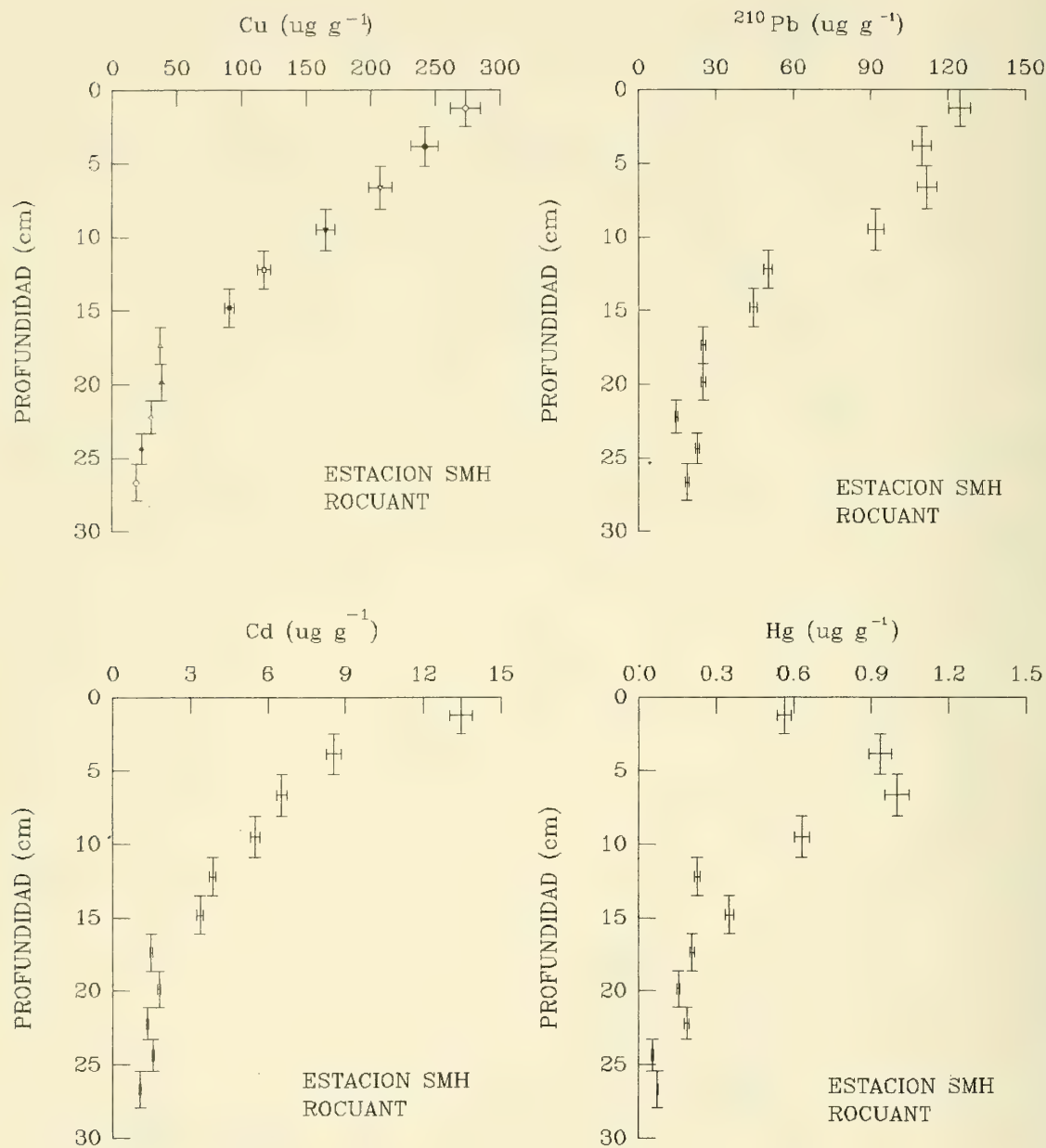


FIGURA 3. Distribución vertical de Cu, Pb, Cd y Hg en los sedimentos de la marisma de Rocuant. La línea de puntos indica el nivel natural medio de estos elementos en el área de estudio.

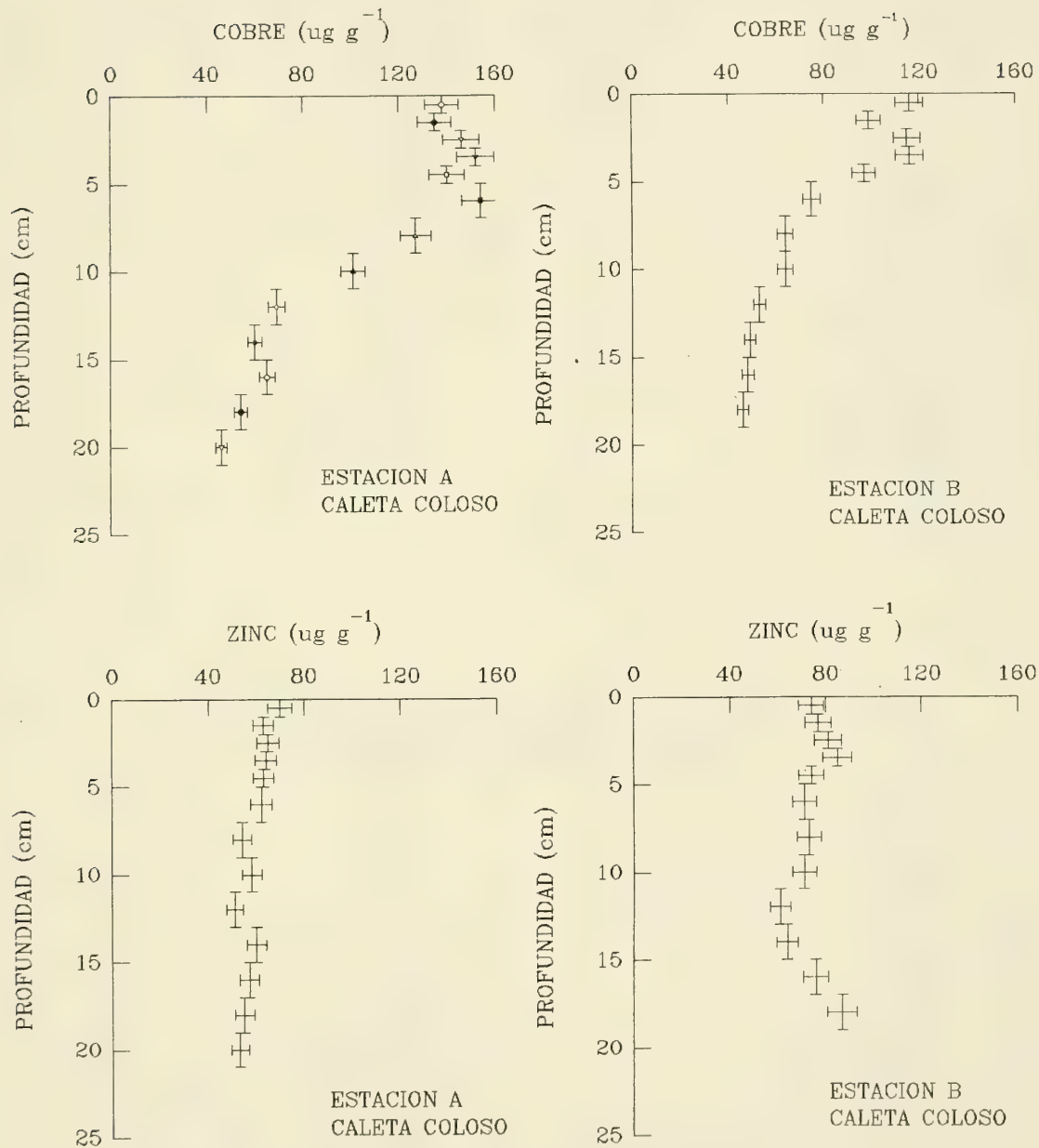


FIGURA. 4. Distribución vertical de Cu y Zn en Caleta Coloso, Estaciones A y B. La línea de puntos indica el nivel natural medio de estos elementos en el área de estudio.

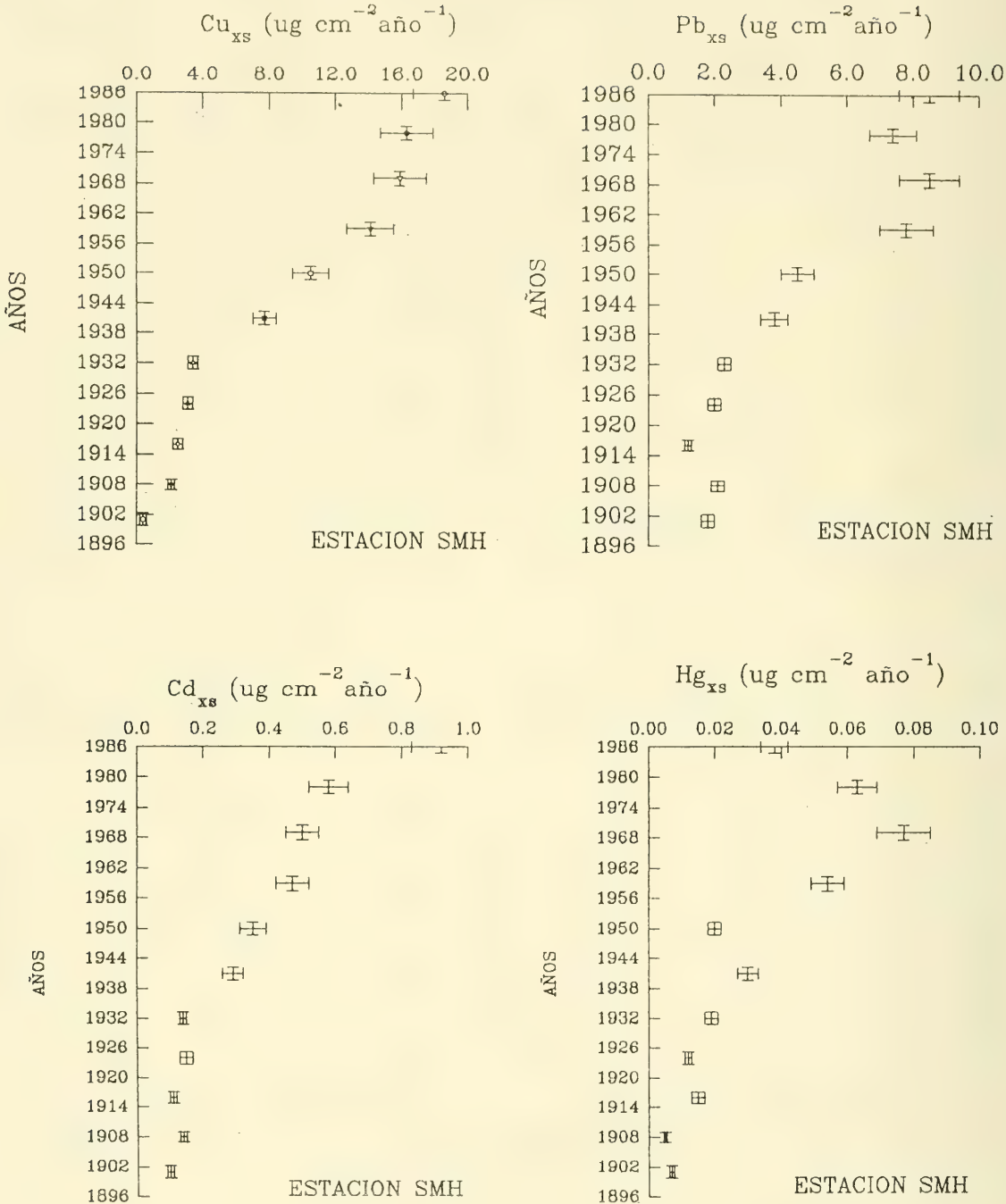


FIGURA 5. Flujo de exceso de metales (Cu, Pb, Cd y Hg) con respecto al tiempo en la marisma de Rocuant.

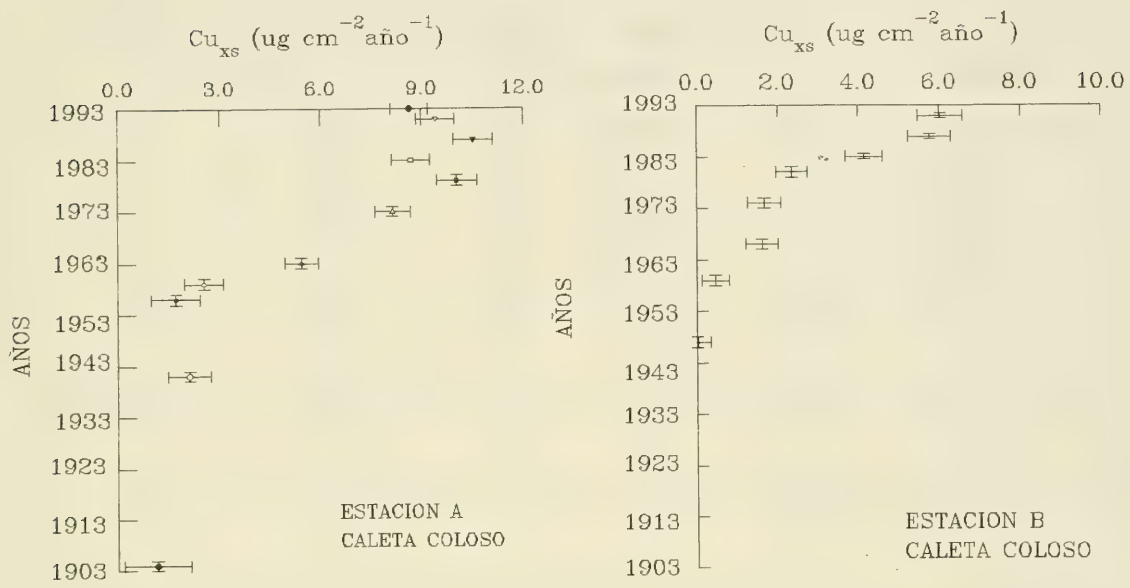


FIGURA 6. Flujo de exceso de Cu con respecto al tiempo en Caleta Coloso.

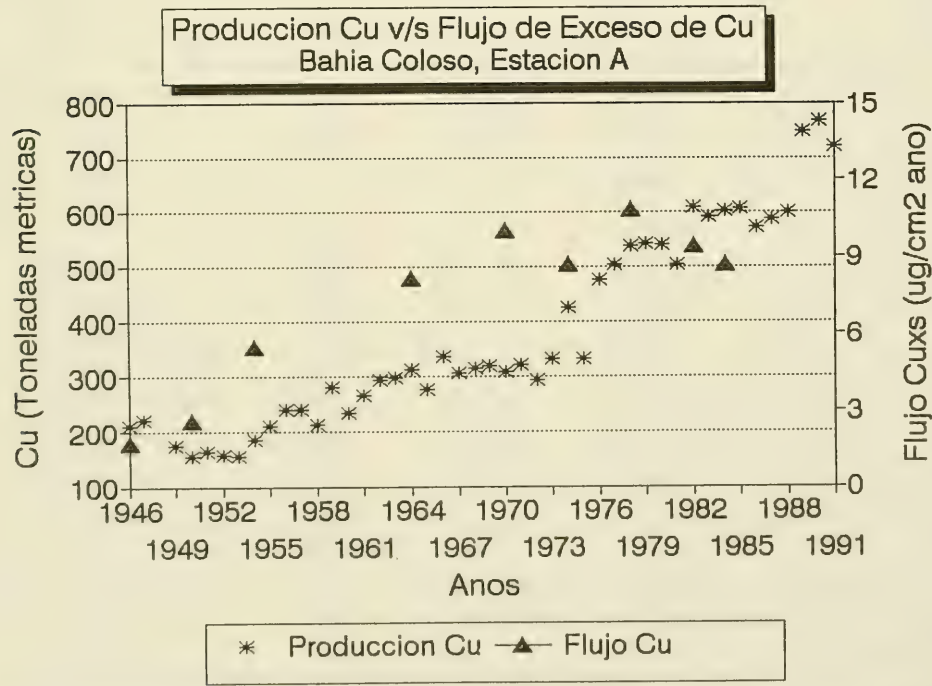


FIGURA 7. Comparación de la producción de Cu en la II Región de Chile y el flujo de exceso de Cu en sedimentos de Caleta Coloso (Est. A).

TABLA I. Precisión y exactitud del análisis de metales en traza.

METAL	PRECISION (%) ¹	EXACTITUD (%) ²
Cu	4,32	0,4
Pb	3,36	0,3
Cd	3,28	1,0
Hg	4,63	4,0
Zn	5,02	3,2

(1): Estimada como el coeficiente de variación de 5 réplicas de una muestra compuesta de sedimentos homogeneizados.

(2): Valor promedio de 3 réplicas de sedimento de río (NBS 1645 Standard Reference Material).

TABLA II. Datos geoquímicos (1), Estación SMH Bahía Concepción.

PROF. (cm)	DENS. (g/cm ³)	MOT (%)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Cd (µg/g)	Hg (ug/g)	²¹⁰ Pb (dpm/g)
0-2,5	0,227	38,25	273,3±11,8	124,7±4,2	13,44±0,44	0,56±0,03	4,29±0,31
2,5-5,2	0,252	32,63	241,8±10,5	109,8±3,7	8,55±0,28	0,94±0,04	2,75±0,12
5,2-8,1	0,255	31,11	207,6± 9,0	111,8±3,8	6,53±0,21	1,00±0,05	2,22±0,13
8,1-10,9	0,285	22,57	165,4± 7,1	91,7±3,1	5,5± 0,18	0,63±0,03	2,17±0,11
10,9-13,5	0,298	16,40	117,2± 5,1	50,2±1,7	3,86±0,13	0,23±0,01	1,48±0,07
13,5-16,1	0,284	14,85	90,4± 3,9	44,6±1,5	3,38±0,11	0,35±0,02	0,95±0,09
16,1-18,6	0,304	8,17	37,0± 1,6	25,1±0,8	1,49±0,05	0,21±0,01	0,78±0,04
18,6-21,1	0,271	8,22	38,1± 1,7	25,1±0,8	1,79±0,06	0,15±0,01	0,88±0,01
21,1-23,3	0,275	3,28	30,0± 1,3	14,5±0,5	1,33±0,04	0,19±0,01	0,54±0,05
23,3-25,4	0,306	2,51	22,6± 1,0	22,6±0,8	1,55±0,05	0,05±0,00	0,67±0,04
25,4-27,9	0,329	3,59	18,7± 0,8	18,7±0,6	1,04±0,03	0,07±0,00	0,83±0,03

(1): La concentración y la actividad se expresan como peso ceniza.

(MOT): Materia Orgánica Total.

(DENS.): Material seco por unidad de volumen de sedimento húmedo.

TABLA III. Datos geoquímicos¹ Caleta Coloso Estación A, Antofagasta.

PROF. (cm)	DENS. (g/cm ³)	MOT (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	²¹⁰ Pb (dpm/g)
0-1	0,469	2,13	138±7,0	70±4,9	3,67±0,13
1-2	0,453	2,23	135±6,9	63±4,4	3,70±0,17
2-3	0,439	2,24	146±7,5	65±4,6	3,88±0,16
3-4	0,463	2,20	152±7,8	64±4,5	4,08±0,18
4-5	0,430	2,33	140±7,2	63±4,4	3,69±0,16
5-7	0,435	2,68	154±7,9	62±4,4	3,30±0,17
7-9	0,470	2,05	127±6,5	54±3,8	3,43±0,16
9-11	0,457	1,79	101±5,1	58±4,1	2,77±0,11
11-13	0,489	1,41	69±3,5	51±3,6	2,61±0,11
13-15	0,517	1,49	60±3,0	60±4,2	3,17±0,16
15-17	0,476	1,92	65±3,3	57±4,0	3,41±0,19
17-19	0,545	2,24	54±2,8	55±3,9	2,81±0,12
19-21,5	0,366	4,09	46±2,4	53±3,7	2,53±0,10
21,5-23,5	0,284	5,25	43±2,3	68±4,7	2,17±0,15
23,5-25,5	0,345	2,97	43±2,2	61±4,3	2,49±0,18

(1): Las concentraciones y actividades se expresan como peso ceniza.
(MOT): Materia Orgánica Total.
(DENS): Material Seco por unidad de volumen de sedimento húmedo.

TABLA IV. Datos geoquímicos¹ Caleta Coloso, Estación 2, Antofagasta.

PROF. (cm)	DENS (g/cm ³)	MOT (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	²¹⁰ Pb (dpm/g)
0-1	0,416	2,27	116±5,8	74±5,2	2,35±0,12
1-2	0,482	2,31	99±5,0	77±5,4	2,58±0,14
2-3	0,456	2,36	115±5,7	81±5,7	2,77±0,15
3-4	0,428	2,63	116±5,8	85±6,0	2,56±0,13
4-5	0,429	2,89	97±4,8	74±5,2	2,30±0,12
5-7	0,454	2,04	75±3,7	71±5,0	1,91±0,10
7-9	0,542	1,63	64±3,2	73±5,1	1,81±0,09
9-11	0,530	1,45	64±3,2	71±5,0	1,49±0,08
11-13	0,525	1,79	53±2,6	61±4,3	1,68±0,10
13-15	0,509	1,60	49±2,4	64±4,5	1,75±0,08
17-19	0,484	1,53	46±2,3	87±6,1	1,13±0,07
19-21	0,594	1,56	49±2,4	77±5,4	0,83±0,06
21-23	0,492	2,51	48±2,4	108±7,5	0,56±0,03
25-27	0,534	2,23	55±2,8	133±9,3	0,80±0,04
27-29	0,450	1,00	61±3,0	258±18,0	0,71±0,11

(1): La concentración y la actividad se expresan como peso ceniza.
(MOT): Materia Orgánica Total.
(DENS.): Material seco por unidad de volumen de sedimento húmedo.

TABLA V. Niveles de referencia de metales y Pb-210 en las áreas de estudio.

ESTACION	Pb	Cu	Hg	Cd	Zn	Pb-210
SMH	21,2±4,1	29,3±7,7	0,12±0,05	1,44±0,2	-----	0,95±0,08
A	-----	44,0±2,0	-----	-----	58,0±7,0	2,40±0,19
B	-----	49,0±2,0	-----	-----	75,0±7,0	0,73±0,12

(*): Las concentraciones de metales se expresan en µg/g y la actividad en dpm/g.

DIVERSIDAD, DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA DEL MACROBENTOS SUBLITORAL, Y OBSERVACIONES SOBRE LA DINAMICA TEMPORAL DE CORTO TERMINO DE LOS SEDIMENTOS DE LA BAHIA CONCEPCION, CHILE

SPECIES DIVERSITY, DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF THE SUBLITTORAL MACROBENTHOS, AND OBSERVATIONS ON SHORT TERM TEMPORAL DYNAMICS OF THE SEDIMENTS AT BAHIA CONCEPCION, CHILE

Franklin D. Carrasco* y Víctor A. Gallardo*

RESUMEN

Se analiza la distribución, abundancia y diversidad específica de la macroinfauna bentónica (> 0,5 mm) sublitoral en la Bahía Concepción, Chile. La biota se estudió en dos cruceros, mediante el análisis de los sedimentos recolectados en 9 estaciones bentónicas en junio de 1986 y en 3 de ellas en agosto de 1986. Se utilizó una draga del tipo Smith-McIntyre de 0,1 m², de la cual se recolectaron muestras con un sacatestigos plástico de 10 cm de diámetro. En el crucero de junio se tomó 4 réplicas por estación y 8 en agosto. En junio 1986 se recolectó e identificó 26.278 individuos, los que pertenecían a 49 especies. El grupo de poliquetos fue el más abundante haciendo sobre el 94 % del total de la fauna. En agosto 1986 se obtuvieron 9.420 individuos de 31 especies, donde los poliquetos contribuyeron con el 96,5% del total. Destacaron en ambos cruceros las contribuciones de los poliquetos *Paraprionospio pinnata*, *Mediomastus branchiferus*, *Cossura chilensis* y *Aricidea pigmentata*. La abundancia promedio fue en junio 1986 de 92.934 ind./m² y en agosto 49.975 ind./m². El número de especies y la diversidad específica fueron bajos, aproximadamente alrededor del 50% de la diversidad teórica máxima. Las altas dominancias ecológicas y la pobreza de especies explicarían las deprimidas diversidades específicas. Tanto la Clasificación Numérica como el Análisis de Coordenadas Principales, de la biota del área, revelan la presencia de 2 agrupaciones de estaciones: una menor integrada por las estaciones más profundas y del centro de la bahía y otra mayor conformada por las 7 estaciones restantes. Las curvas de k-dominancia, ponen en evidencia la marcada dominancia ecológica que

se presenta en el macrobentos de la bahía, dominancias que se sitúan sobre el 40 %. Al comparar los atributos comunitarios de las 3 estaciones visitadas en junio y agosto de 1986, se observó que solamente existían diferencias significativas en las abundancias numéricas de 2 de ellas (VA y VH).

PALABRAS CLAVES: Macrobentos marino, sublitoral, diversidad específica, abundancia, distribución, variación temporal, Chile.

ABSTRACT

The distribution, numerical abundance and species diversity of the sublittoral macrobenthic infauna (> 0.5 mm) of the Bahía Concepción, Chile were analyzed. Sediment samples from a 0.1 m² Smith-McIntyre grab were subsampled with a 10 cm diameter plastic corer. Four replicates per station were obtained in 9 benthic stations in June 1986, and eight replicates per station in 3 benthic stations were obtained in August 1986. A total of 26,278 individuals belonging to 49 species were collected and identified in the June 1986 cruise. Polychaetes were the most abundant group making over 94% of the total fauna. A number of 9,420 individuals belonging to 31 species were identified in the August 1986 cruise, where polychaetes reached 96.5% of the total fauna. In both cruises the numbers of individuals of the following polychaete species were outstanding: *Paraprionospio pinnata*, *Mediomastus branchiferus*, *Cossura chilensis*, and *Aricidea pigmentata*. In June 1986 the overall mean abundance was 92,934 ind./m² and 49,975 ind/m² in August 1986. The species numbers and the species diversity values were low, about 50% of the maximum theoretical species diversity. The high ecological dominances and the rarity of species numbers explained these low species di-

*Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción. Casilla 2407. Concepción. Chile.

versity values. Both Cluster Analysis and Principal Coordinates Analysis of the benthic biota, revealed the presence of two main site-groups: a small one conformed by deeper stations associated with the central zone of the bay; and a greater site-group conformed by the remainder stations. The k-dominance curves reflected the remarkable ecological dominance of the macrobenthic infauna, above 40%. Of several community attributes compared between the 3 common stations to June and August, only numerical abundance showed significant differences.

KEYWORDS: Marine macrobenthos, sublittoral, species diversity, numerical abundance, distribution, temporal variation, Chile.

INTRODUCCION

Las distribuciones de las especies marinas se pueden considerar como respuestas a los variados efectos de la modificación de los gradientes de disponibilidad de recursos (Pearson & Rosenberg, 1987). Al respecto, un importante rol se les asigna a la profundidad y latitud, como también a las corrientes marinas y una serie de factores físicos, los cuales conjuntamente modelarán el ambiente en el cual se insertará cada una de las especies. Sin embargo, tales distribuciones son afectadas ulteriormente por otra serie de factores, algunos de los cuales son dependientes de los gradientes primarios. Otra serie de factores que ejercen efectos en forma independiente, entre ellos eventos estocásticos, como por ejemplo la contaminación.

Los cambios inducidos por contaminación en las comunidades bentónicas marinas han sido, en los últimos tiempos, tema de un número de investigaciones, recibiendo especial atención el estudio de los efectos de la contaminación orgánica y eutroficación (Pearson & Rosenberg, 1978; Gray, 1981). El área de estudio de la presente proposición, Bahía de Concepción, es muy especial puesto que está sujeta a la acción antrópica que se traduce en vertimientos de variados contaminantes, eliminación de residuos domésticos, hidrocarburos, desechos de plantas pesqueras industriales, dragados de puertos, resuspensión de sedimentos por hélices de los barcos, etc. (Carrasco, 1986). Además de esta contaminación por enriquecimiento orgánico y eutroficación, se pro-

duce también una eutroficación natural en la Bahía de Concepción, inducida por su topografía somera y cerrada, sobre todo en los meses de verano, debiéndose agregar a ello la presencia de aguas hipóxicas introducidas a la Bahía en primavera y verano producto de los afloramientos costeros (Ahumada & Chuecas, 1979; Ahumada *et al.*, 1983).

El macrobentos sublitoral de la región ha recibido, estos últimos años, una creciente atención (Gallardo, 1968; Gallardo *et al.*, 1972; Carrasco & Arcos, 1980; Carrasco & Gallardo, 1983; Carrasco & Arcos, 1984; Carrasco, 1986; Oyarzún *et al.*, 1987; Carrasco & Oyarzún, 1988; Carrasco *et al.*, 1988; Carrasco & Gallardo, 1989), aunque llama la atención la insuficiencia de estudios dinámicos.

Esta contribución tiene por objetivos generales analizar la diversidad de la biota macrobentónica y su distribución y abundancia, como también estudiar la dinámica comunitaria del macrobentos de la Bahía Concepción en su porción más profunda. Las ideas que se desea desarrollar se refieren a las probables depresiones y variaciones en el número de especies y en sus abundancias que debieran aquí documentarse inducidas por el apreciable nivel de intervención antrópica a que ha estado sometida la bahía estos últimos lustros. Por otro lado, se espera que la fauna de los sedimentos más profundos no exhiba cambios en su estructura comunitaria, puesto que el lapso de tiempo que medió entre ambos cruceros fue bastante corto. Asimismo se presenta aquí la oportunidad de entregar información sobre las comunidades bentónicas de una área marina de alto interés antrópico y bioecológico.

MATERIALES Y METODOS

TERRENO

Las muestras de sedimento se recolectaron en dos cruceros, a bordo de la entonces embarcación científica L/C Lund de la Universidad de Concepción. Para ello se consideraron 9 localidades (Fig. 1) dispuestas en un arreglo que asegurara la mayor cobertura posible del área. Estas estaciones bentónicas (Tabla I) se situaron con auxilio de radar, demarcación visual y ecosonda.

Se utilizó para los muestreos un tomafondos del tipo Smith-McIntyre de 0,1 m² de mascada, del cual se obtuvieron 4 réplicas con un sacatestigos ("corer") de ca. 10 cm de diámetro por estación. El primer crucero bentónico se realizó el día 9 de junio de 1986. Un segundo crucero se efectuó el 19 de agosto del mismo año, visitándose en la oportunidad solamente 3 de las estaciones bentónicas (VA, VC y VH) en estudio, y considerándose 8 réplicas por estación.

Las muestras se lavaron en terreno, vaciándose en un envase plástico donde se disgregaron manualmente, siendo el rebalse recibido y cernido a través de un tamiz sedimentológico de 500 µm para recuperar la macrofauna. La fauna se fijó en formalina neutralizada (5-10 %) y diluida en agua de mar, y se guardó en envases plásticos.

LABORATORIO

Las muestras biológicas previamente fijadas, fueron teñidas con Rosa de Bengala, tinción que facilita la visualización de las formas diminutas, y lavadas. Posteriormente se separó la biota bajo estereomicroscopios en taxa mayores, procediéndose a continuación a identificar los ejemplares al nivel taxonómico más bajo posible. Los ejemplares de cada especie fueron contados por réplica y por estación.

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

A partir de la información de densidad numérica obtenida, se registró el número de especies presentes por réplica y por estación en ambas fechas de muestreo. Asimismo, se contó el número de ejemplares (densidad) por réplica, por estación y por fecha de muestreo, y se estimó el número de individuos por m².

La diversidad específica se calculó por estación y por fecha de muestreo, utilizando los siguientes índices como una manera de aprovechar sus distintas características:

i) Información de Shannon (Pielou, 1966):

$$H' = - \sum p_i \log_e p_i$$

ii) Número esperado de especies (Sanders, 1968; Hurlbert, 1971):

$$E(S) = \sum \left[\frac{N - n_i}{m} \cdot 1 - \frac{m}{N} \right]$$

iii) Proporción de encuentros interespecíficos potenciales (Hurlbert, 1971):

$$PEI = \left\{ \frac{N}{N - 1} \right\} \left\{ 1 - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \right\}$$

iv) Cálculo de la uniformidad o equitabilidad (Pielou, 1966):

$$J' = H' / \ln S$$

v) Dominancia según el índice de concentración de la dominancia de Simpson (Legendre & Legendre, 1979):

$$C = \frac{\sum \{ \frac{n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)} \}}$$

Tanto en el caso de la función de Shannon, como en la proporción de encuentros interespecíficos potenciales de Hurlbert se utilizó la técnica analítica del acuchillamiento ("jackknife") de datos para obtener estimadores paramétricos de la media, sesgo y varianza (Sokal & Rohlf, 1981). Complementariamente se trazaron curvas de diversidad del tipo "rarefaction" de Sanders-Hurlbert (Sanders, 1968; Hurlbert, 1971).

Los análisis estadísticos bivariados consistieron en pruebas paramétricas (ANOVA) y pruebas no paramétricas (test de Kruskal-Wallis, tau de Kendall) (Sokal & Rohlf, 1981; Zar, 1984).

La clasificación numérica (Sneath & Sokal, 1973) se realizó utilizando el programa SIGTREE (Nemec & Brinkhurst, 1988), con el índice de Bray-Curtis como coeficiente de asociación comunitario y la estrategia jerárquica de la media ponderada (UPGMA). El programa utiliza la reasignación estocástica de datos ("bootstrapping")

para estimar la significancia de los conglomerados resultantes. También se empleó un programa estándar de conglomerados (DENDRO), conformado por subrutinas modificadas de Davis (1973), con la estrategia WPGMA y transformación $Y = \text{Ln} (X + 1)$, para el análisis normal e inverso. En este último caso se utilizaron solamente las especies cuyas abundancias fueran mayores que el 0,03% del total.

La ordenación comunitaria (Gauch, 1982) se realizó mediante un análisis de Coordenadas Principales (Gower, 1966), generándose la matriz de asociación con el índice de Bray-Curtis, previa transformación de los datos crudos a la forma $Y = \text{Ln} (X + 1)$.

Por último, se trazaron curvas de k-dominancia (Lamshead *et al.*, 1983) para la abundancia numérica, como una manera de analizar la dominancia ecológica de las colecciones faunísticas.

RESULTADOS

LA FAUNA

Cuantitativamente la fauna bentónica del área en estudio reveló en las muestras del crucero del 9 de junio de 1986 la presencia de 26.278 especímenes de invertebrados (36 réplicas de 78,54 cm²). Estos individuos correspondían a 9 grupos mayores o taxa, con un total de 49 especies o formas diferentes (ver Anexo 1) y con la siguiente contribución porcentual:

Polychaeta	=	24.891	(94,72%)
Oligochaeta	=	997	(3,79%)
Mollusca	=	155	(0,59%)
Crustacea	=	93	(0,35%)
Anthozoa	=	93	(0,35%)
Ophiuroidea	=	30	(0,11%)
Nemertini	=	14	(0,05%)
Echiura	=	3	(0,01%)
Hemichordata	=	2	(0,01%)

En el listado precedente, llama la atención la notable contribución de los gusanos anélidos poliquetos, hecho frecuente en otras regiones marinas mundiales. Asimismo, es notable la dominancia numérica que establecen algunas for-

mas en las distintas muestras recolectadas (Anexo 1), sobre todo de especies de poliquetos cuya talla, salvo *Paraprionospio pinnata* (Ehlers), es bastante reducida.

En el Anexo 2 se presenta la composición y abundancia de la biota recolectada en las 3 estaciones muestreadas el día 19 de agosto de 1986. Se obtuvieron 9.420 ejemplares de invertebrados en las muestras (24 réplicas de 78,54 cm²), los que correspondían a 31 especies o formas diferentes. Esta colección presentaba especímenes de 6 taxa y con la siguiente estructura porcentual:

Polychaeta	=	9.092	(96,52%)
Oligochaeta	=	111	(1,18%)
Mollusca	=	85	(0,90%)
Anthozoa	=	63	(0,67%)
Crustacea	=	55	(0,58%)
Nemertini	=	13	(0,14%)
Hemichordata	=	1	(0,01%)

También resalta en este listado el extraordinario aporte de los anélidos poliquetos. En el Anexo citado se observa nuevamente la gran contribución de *P. pinnata* y en menor grado la dominancia que exhiben otros poliquetos aunque de pequeña talla.

La abundancia numérica total de la macroinfauna (> 0,5 mm) bentónica, estudiada en las 9 estaciones de Bahía Concepción, 9 localidades visitadas en junio 1986 y 3 en agosto 1986, expresada tanto en términos del área del muestreador como también estimados del número total de individuos por metro cuadrado, se muestra en la Tabla II.

Las diferencias entre las medias de las abundancias numéricas de las distintas estaciones, tienden en algunos casos, a ser significativas ($P < 0,05$). Ello ocurre cuando se comparan las localidades con menores efectivos en junio 1986 (e.g. VF, VC, VE) versus aquellas que presentan una mayor abundancia (e.g., VH, VD, etc.). En cambio para el caso de agosto 1986, las diferencias de las medias entre las 3 estaciones son altamente significativas ($P < 0,01$).

Aunque las distancias que separan a las estaciones son relativamente importantes, las diferencias encontradas reflejan seguramente diferencias en las características granulométricas del sustrato en las estaciones analizadas, como también en el nivel de materia orgánica de los sedimentos y de la circulación del agua, documen-

tando una apreciable heterogeneidad ambiental.

En la Tabla III se presentan las formas más abundantes encontradas en los dos cruceros de estudio del macrobentos. Como se ha informado en otros estudios del área (Gallardo *et al.*, 1972; Carrasco, 1986; Carrasco *et al.*, 1988), la notable dominancia en los números de los gusanos marinos poliquetos resulta evidente, y en especial la muy relevante contribución del poliqueto espiónido *Paraprionospio pinnata*. Esta presencia es tan marcada, que en junio 1986, las 4 especies (*P. pinnata*, *Mediomastus branchiferus*, *Cossura chilensis* y *Aricidea pigmentata*) más importantes son poliquetos y hacen más del 89 % del total de la fauna recolectada. En las 3 estaciones seleccionadas y estudiadas en agosto 1986, la situación es bastante similar, siendo las mismas 4 especies también las más abundantes con una contribución porcentual sobre el 92 %.

La Tabla IV muestra los resultados que se obtuvo al docimar la independencia entre las colecciones faunísticas recolectadas en junio y agosto de 1986 en las estaciones VA, VC y VH. Se establece ahí que las colecciones faunísticas, para cada una de las 3 estaciones, no son independientes ($P \ll 0,01$) en su composición entre un crucero y el otro.

ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD

Los atributos comunitarios se presentan en la Tabla V, como número de especies (S), obtenido en forma agrupado para cada estación bentónica estudiada, como también los valores calculados en forma agrupada para cada estación, para el número medio de especies (SM). Se entregan asimismo valores para la diversidad específica según Shannon (H'), la equidad de las colecciones (J'), la proporción de encuentros interespecíficos potenciales (PEI) de Hurlbert, número esperado de especies ($E(S)$) de Hurlbert y el complemento del índice de Simpson ($SI = 1 - C$). Se incluyen además, para los valores de Shannon y de los encuentros interespecíficos, los estimados estadísticos y límites de confianza superior e inferior (al 95%) obtenidos con el procedimiento analítico estadístico del acuchillamiento de los datos ("jackknife").

Al analizar las diferencias entre las medias del número de especies, se observa que son altamente significativas ($P < 0,01$) en buena parte de

los casos, reflejando las variaciones faunísticas que existen en la bahía. Respecto a la diversidad específica, y en primer lugar en relación al índice de Shannon-Wiener (H'), al evaluar sus diferencias en las estaciones mediante el estimado por acuchillamiento ("jackknife"), no se observan diferencias que sean significativas ($P > 0,05$) entre las diversas estaciones. A pesar de ello, las varianzas son relativamente grandes y, por lo tanto, los coeficientes de variación. En cuanto a la medida de Hurlbert (PEI), tampoco se pudo establecer diferencias significativas entre las distintas estaciones.

En general, los valores de diversidad calculados para ambos cruceros son bajos, alrededor del 50% de los valores que alcanza la diversidad máxima teórica. Ello es consecuencia directa del relativamente bajo número de especies y las altas dominancias ecológicas observadas, fundamentalmente por las altas contribuciones numéricas que hacen los ejemplares de *P. pinnata*. Esta situación se refleja también al observar las Figs. 2a-d, donde las curvas del número esperado de especies de Sanders-Hurlbert tienen pendientes bastante bajas (menor diversidad) prácticamente para todas las estaciones, salvo, en parte, la estación VB (junio 1986), donde la dominancia ecológica debida a *Paraprionospio pinnata* se comparte con otros poliquetos de pequeña talla.

En la Tabla VI se presentan valores producto de las comparaciones estadísticas de la abundancia numérica, el número de especies y la diversidad específica registradas y calculadas para las estaciones VA, VC y VH estudiadas en ambos cruceros (junio y agosto 1986). Resalta el hecho que la única dócima estadísticamente significativa resulta al comparar las abundancias numéricas de la estación VA.

CLASIFICACION NUMERICA

Los resultados de la clasificación numérica normal, de las 9 estaciones bentónicas analizadas en junio de 1986, al emplearse los datos agrupados por estación, se muestran en la Figura 3a. El dendrograma se realizó considerando todas las formas o especies recolectadas. Se utilizó aquí, como se señalaba anteriormente, el coeficiente de Bray-Curtis como índice de asociación en el programa DENDRO (WPGMA). Se observó aproximadamente, al 36 % de disimilitud, la clara

conformación de 2 grupos de estaciones, un gran grupo con las estaciones VA, VB, VD, VE, VH, VG y VI, y una segunda agrupación compuesta por las estaciones VC y VF.

En la primera agrupación se observa, por un lado, la fuerte asociación entre las estaciones VA, VB y VD, que corresponden a la porción nororiental de la Bahía Concepción. Son asimismo bastante afines las estaciones VE y VH, las que se ubican en porciones más someras de la bahía. La otra agrupación (VC y VF) corresponde a estaciones que se disponen en la región central más profunda de la bahía.

Se presenta en la Fig. 3b el dendrograma que resultó al aplicar el programa SIGTREE, que utiliza el procedimiento de reasignación estocástica de los datos ("bootstrapping"), a los datos no agrupados de las 9 estaciones estudiadas en junio de 1986. La topología de este dendrograma se desvía del anterior, siendo los niveles de unión o corte diferentes. A un nivel de similitud del 60%, se podría hablar de la existencia de 3 grupos de estaciones: el primero con las estaciones VI, VE, VH, VD (y VA), una segunda agrupación con las estaciones VB y VG y una última con las localidades VC y VF. Si se considera la significancia estadística de las uniones del dendrograma, resulta que las 3 agrupaciones son significativas ($P < 0,05$), lo que sugeriría una mayor variedad o heterogeneidad faunal que lo indicaba el dendrograma anterior.

La clasificación numérica inversa, para las 9 estaciones bentónicas analizadas en junio de 1986, al emplearse los datos agrupados por estación, se muestra en la Fig. 4. El dendrograma se realizó considerando las formas o especies con abundancias sobre el 0,03 % del total. Se utilizó también aquí el coeficiente de Bray-Curtis como índice de asociación en el programa DENDRO (WPGMA). Se observa, aproximadamente al 35 % de disimilitud, la clara conformación de 2 grupos de estaciones: A y B. La agrupación B corresponde a todas aquellas formas dominantes o que presentaron altas abundancias numéricas. El grupo A corresponde a especies que exhibieron abundancias moderadas o raras.

ORDENACION COMUNITARIA

Se presenta en la Fig. 5 los resultados del análisis de Coordenadas Principales, a la forma de un gráfico bidimensional que explica ca. 47%

de la varianza, y que resultó al agrupar las distintas réplicas por estación y al considerar toda la fauna recolectada. El programa computacional se aplicó sobre una matriz generada con el índice de Bray-Curtis como distancia. Se puede apreciar en el plano euclidiano de los dos primeros ejes, la disposición de las 9 estaciones bentónicas en un arreglo consistente con las agrupaciones detectadas por la clasificación numérica (Fig. 3a). Así, por un lado se disponen claramente segregadas las estaciones VC y VF. Otra agrupación menos clara tiende a conformar las estaciones VH, VG y VI, que corresponde a la cabecera de la bahía, la cual se segrega de otra agrupación, un poco más clara, compuesta por las estaciones VD, VA, VB y VE.

CURVAS DE DOMINANCIA

Como una manera de estudiar la dominancia ecológica, se utilizaron aquí curvas del tipo k-dominancia para la abundancia numérica (Lambshead *et al.*, 1983). Curvas de k-dominancia se presentan en las Figs. 6a-d, en ellas se encuentran graficadas en la abscisa la ordenación de las especies de mayor a menor (o "ranking") (escala aritmética) versus los respectivos porcentajes de la abundancia numérica en la ordenada. En las gráficas señaladas se observa que, en esta oportunidad, las mayores dominancias ecológicas se sitúan alrededor del 35 %, y curiosamente en todas la estaciones estudiadas.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La macroinfauna bentónica sublitoral de la Bahía Concepción presenta, en esta oportunidad, un número de especies en el rango del informado para esta bahía por Oyarzún *et al.* (1987) y por Carrasco *et al.* (1988). La abundancia numérica de la biota aquí observada es en sus valores totales mayor que la reportada por las contribuciones señaladas.

Las formas dominantes encontradas en este estudio son los gusanos poliquetos *Paraprionospio pinnata*, *Mediomastus branchiferus*, *Cossura chilensis* y *Aricidea pigmentata*, presentando los 3 últimos una pequeña talla corporal. Según Ca-

rrasco *et al.* (1988), dominaban en la bahía en el año 1979, además de las especies citadas, el anfípodo *Ampelisca araucana*. Por otro lado, Oyarzún *et al.* (1987) informan que las formas dominantes en el macrobenitos en 1980 eran, además de las señaladas, el pequeño gusano "oportunistista" *Carazziella carrascoi*, *Owenia collaris* y *Aquilaspio* (= *Prionospio*) *peruana*.

Las características granulométricas del sedimento podrían explicar la variabilidad que se aprecia entre las réplicas de las distintas estaciones bentónicas. Además se sabe que las especies del macrobenitos sublitoral (ver p. ej. Gray, 1981) tienen en forma muy característica una tendencia mayoritaria a presentar patrones de distribución espacial agregado. Todo ello estaría explicando la fuerte variabilidad y altas desviaciones estándar de los parámetros comunitarios analizados, como la diversidad específica, a pesar de las moderadas distancias marinas que separan las distintas estaciones estudiadas.

Al comparar los valores de la diversidad específica, calculados tanto según la fórmula de Shannon como por la relación de Hurlbert, se ha observado que ellos no eran significativamente diferentes ($P > 0,05$). Esto sugeriría cierta homogeneidad de la fauna de la bahía, tanto en formas zoológicas como en abundancia, ello a pesar de las aparentes diferencias observadas (ver Tablas II y V, y Anexo 1). Una explicación a las bajas diversidades observadas debe pasar necesariamente por enfatizar el papel que desempeña, en los cálculos de la diversidad específica, la presencia de altas dominancias ecológicas. Esto se refleja claramente al observar las curvas de k-dominancia, donde prácticamente nunca la especie dominante manifiesta un nivel de dominancia menor al 40%. Por otro lado, el número esperado de especies es bajo, como lo son también las pendientes de las curvas de "rarefaction" de Sanders-Hurlbert para prácticamente todas las colecciones analizadas, reflejando todo ello la pobreza de especies que existe en el área estudiada. Estos atributos o características de la macroinfauna bentónica bajo estudio han sido ya reconocidos para la región por otros autores (Gallardo *et al.*, 1972; Carrasco & Gallardo, 1983; Carrasco *et al.*, 1988). Las bajas diversidades específicas y las fuertes dominancias aquí presentes recuerdan a lo señalado con respecto a otras situaciones donde también se presentan valores muy bajos o

mínimos de oxígeno en el bentos (Dauer *et al.*, 1992), situación además que pareciera tender a conformar conjuntos faunísticos bentónicos del tipo altamente estresado según el modelo de Pearson & Rosenberg (1978).

Como se ha insinuado más arriba, las asociaciones faunísticas macrobentónicas de Bahía Concepción exhiben en esta oportunidad una alta afinidad ecológica. Esta situación se expresa con claridad al observar los resultados de la clasificación numérica y de la ordenación ecológica. Así las colecciones faunísticas de cada una de las estaciones analizadas tienden en general a conformar solamente dos agrupaciones principales, por un lado un grupo con las estaciones VC y VF, que corresponden al sector más profundo y central de la bahía, y por otro lado una agrupación mayor integrado por las estaciones restantes. En este último grupo también se insinuarían dos subagrupaciones, una de ellas con las estaciones de la cabecera de la bahía y la otra con el resto de ellas.

Los resultados de las comparaciones entre las 3 estaciones (VA, VC y VH) visitadas, tanto en junio como agosto de 1986, indican que las colecciones faunísticas involucradas no cambiaron su composición, tal como era posible esperar por el reducido lapso que habría mediado entre las fechas de realización de ambos cruceros. Por otro lado, tampoco el número de especies y la diversidad específica entre ambas fechas de estudio sufrieron variaciones significativas. Las únicas variaciones significativas ($P < 0,01$) entre junio y agosto de 1986, se verificaron en la abundancia numérica de las estaciones VA y VH. Estas diferencias se pueden explicar en la estación VA por la marcada declinación del número de individuos, en especial de *Paraprionospio pinnata*, como también de *Aricidea pigmentata*. En la estación VH las diferencias se atribuyen a la disminución del número de ejemplares de la primera especie citada. Estas disminuciones invernales de la abundancia numérica de *P. pinnata* es consistente con la historia natural de la especie en la Bahía Concepción (Carrasco, 1976; Carrasco & Arcos, 1980).

Llama la atención, por último, que en la estación VC, en el sector más central y profundo de la bahía, no se establecieran estas diferencias significativas. Esta situación, difícil de explicar, se refleja, por un lado, en la pobreza o baja cantidad

de individuos de *P. pinnata* presentes en ambas fechas de muestreo, y por otro en las cantidades equivalentes o de un mismo nivel en que se recolectaron en ambas fechas. Al respecto esto se podría explicar sugiriendo que todavía en junio de 1986 se presentaban hipoxias (prolongadas) y también debido a posibles reclutamientos largamente pospuestos de la especie principal, o bien problemas derivados de escalas espaciales de la agregación o variación ("patchiness") (Morrissey *et al.*, 1992).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy sinceramente, la siempre atinada y esforzada colaboración del Sr. Luis Aburto C. tanto a bordo de la embarcación como en el laboratorio. Asimismo, deseamos expresar aquí nuestro reconocimiento por su profesionalismo, a la tripulación de la L/C LUND entonces embarcación científica de la Universidad de Concepción.

BIBLIOGRAFIA

AHUMADA, R. Y L. CHUECAS. 1979. Algunas características hidrográficas de la Bahía Concepción (36°40'S; 73°02'W) y áreas adyacentes, Chile. *Gayana (Misc.)* 8: 1-56.

AHUMADA, R., A. RUDOLPH & V. MARTINEZ. 1983. Circulation and fertility of waters in Concepción Bay. *Estuar. Coastal Shelf Sci.* 16: 95-105.

CARRASCO, F.D. 1976. Larvas de la Familia Spionidae (Polychaeta) en el plancton de la Bahía de Concepción, Chile. *Gayana (Zool.)* 38: 1-63.

CARRASCO, F.D. & D.F. ARCOS. 1980. Estimación de la producción secundaria de *Paraprionospio pinnata* (Spionidae, Polychaeta) frente a Bahía de Concepción, Chile. *Boletim do Instituto Oceanografico, São Paulo* 29: 245-248.

CARRASCO, F.D. & V.A. GALLARDO. 1983. Abundance and distribution of the macrobenthic infauna of the Gulf of Arauco, Chile. *Inter. Revue ges. Hydrobiol.* 68: 825-838.

CARRASCO, F.D. & D.F. ARCOS. 1984. Life history and production of a cold-temperate population of

the sublittoral amphipod *Ampelisca araucana*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 14: 245-252.

CARRASCO, F.D. 1986. Conjuntos faunísticos de anélidos y sus variaciones temporales en el macrobentos de la Bahía de Concepción, Chile. Tesis, Universidad de Concepción, Chile.

CARRASCO, F.D. & C. OYARZUN. 1988. Diet of the polychaete *Lumbrineris tetraura* (Schmarda) (Lumbrineridae) in a polluted soft-bottom environment. *Bull. Mar. Sci.* 42(3): 358-365.

CARRASCO, F.D., V.A. GALLARDO & S. MEDRANO. 1988. Sublittoral macrobenthic infaunal assemblages of two nearby embayments from Central Chile. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 73 (4): 441-455.

CARRASCO, F.D. & V.A. GALLARDO. 1989. La contaminación marina y el valor de la macroinfauna en su evaluación y vigilancia: casos de estudio en el litoral de Concepción, Chile. *Biol. Pesq.* 18: 15-27.

DAUER, D.M., A.J. RODI, JR. & J.A. RANASINGHE. 1992. Effects of low dissolved oxygen events on the macrobenthos of the Lower Chesapeake Bay. *Estuaries* 15: 384-391.

GALLARDO, V.A. 1968. Observaciones sobre la fauna bentónica del Golfo de Arauco. *Bol. Soc. Biol. Concepción* 40: 145-160.

GALLARDO, V.A., J.C. CASTILLO & L.A. YAÑEZ. 1972. Algunas consideraciones preliminares sobre la ecología bentónica de los fondos sublitorales blandos en la Bahía de Concepción. *Bol. Soc. Biol. Concepción* 44: 169-190.

GAUCH, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, Cambridge. 298 pp.

GOWER, J.C. 1966. Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika* 53: 325-338.

GRAY, J.S. 1981. The ecology of marine sediments. Cambridge University Press, Cambridge. 185 pp.

HURLBERT, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology* 52: 577-586.

LAMBSHEAD, P.J.D., H.M. PLATT & K.M. SHAW. 1983. The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *J. Nat. Hist.* 17: 859-874.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE. 1979. *Ecologie Numérique*. Vol 2. La structure des données écologiques. Masson, Paris & Presses de l'Université du Québec. 254 pp.

MORRISSEY, D.J., L. HOWITT, A.J. UNDERWOOD & J.S. STARK. 1992. Spatial variation in soft-sediment benthos. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 81: 197-204.

NEMEC, A.F.L. & R.O. BRINKHURST. 1988. Using the bootstrap to assess statistical significance in the

cluster analysis of species abundance data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45(6): 965-970.

OYARZUN, C., F.D. CARRASCO & V.A. GALLARDO. 1988. Some peculiarities of the macrobenthic in-fauna at Talcahuano, Chile. *Cah. Biol. Marine* 28: 429-446.

PEARSON, T.H. & R. ROSENBERG. 1978. Macrobenthic sucession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Ann. Rev. Oceanogr. Mar. Biol.* 16: 229-311.

PEARSON, T.H. & R. ROSENBERG. 1987. Feast and famine: structuring factors in marine benthic communities. *In*: Gee, J.H.R., & P.S. Giller (Eds.), *Organization of communities, past and present*. Blackwell, Oxford. pp.: 373-395.

PIELOU, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13: 131-144.

SANDERS, H.L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *Amer. Nat.* 102: 243-282.

SNEATH, P.H.A. & R.R. SOKAL. 1973. *Numerical Taxonomy*. W.H. Freeman, San Francisco.

SOKAL, R.R. & F.J. ROHLF. 1981. *Biometry - the principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman, San Francisco. 776 pp.

ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2nd Edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 718 pp.

TABLA I. Estaciones bentónicas sublitorales estudiadas en la Bahía Concepción, y que fueron visitadas en dos cru-ceros realizados en junio y agosto de 1986. Se entregan sus ubicaciones geográficas y la profundidad en metros del fondo marino.

Estación	Latitud S	Longitud W	Prof.(m)
VA	36°36'09"	73°00'50"	35
VB	36°37'27"	72°58'30"	24
VC	36°38'34"	73°00'47"	30
VD	36°39'38"	72°59'29"	24
VE	36°40'20"	73°01'45"	25
VF	36°39'12"	73°04'40"	17
VG	36°42'28"	73°00'10"	16
VH	36°42'15"	73°02'28"	15
VI	36°42'07"	73°05'25"	10

TABLA II. Abundancia de individuos de la macroinfauna bentónica sublitoral de la Bahía Concepción, en las 9 estaciones estudiadas en junio de 1986 y las 3 analizadas en agosto de 1986. Se muestra la densidad promedio por réplica (N/78,54 cm²), su desviación estándar y estimados de la densidad por metro cuadrado.

Estación	N° ind./78,54 cm²	s	N° ind./m²
Junio 1986			
VA	1.041,3	112,4	132.582
VB	703,5	96,2	89.572
VC	204,0	121,8	25.974
VD	1.140,5	59,2	145.213
VE	662,5	72,3	84.352
VF	182,8	34,3	23.275
VG	663,3	112,5	84.454
VH	1.148,8	222,7	146.269
VI	823,0	242,7	104.787
Total agrupado	729,9	365,5	92.934
Agosto 1986			
VA	398,1	76,3	50.688
VC	175,0	39,1	22.282
VH	604,4	155,4	76.954
Total agrupado	392,5	203,1	49.975

TABLA III. Especies o formas diferentes de invertebrados más abundantes (> 0,5%) e importantes encontradas en las muestras bentónicas recolectadas en la Bahía Concepción en junio y agosto de 1986. Se entregan las abundancias numéricas totales con sus respectivas contribuciones al porcentaje total.

ESPECIE		NUMERO	%
Junio 1986			
(P)	<i>Paraprionospio pinnata</i>	6.974	64,6
(P)	<i>Mediomastus branchiferus</i>	2.344	8,9
(P)	<i>Cossura chilensis</i>	2.283	8,7
(P)	<i>Aricidea pigmentata</i>	1.900	7,2
	<i>Oligochaeta</i> sp.	997	3,8
(P)	<i>Prionospio peruana</i>	262	1,0
(P)	<i>Nephtys ferruginea</i>	226	0,9
(P)	<i>Lumbrineris bifilaris</i>	179	0,7
(P)	<i>Sigambra bassi</i>	121	0,5
(G)	<i>Nassarius gayi</i>	119	0,5

Continuación Tabla III.

ESPECIE		NUMERO	%
Agosto 1986			
(P)	<i>Paraprionospio pinnata</i>	6.002	63,7
(P)	<i>Aricidea pigmentata</i>	978	10,5
(P)	<i>Cossura chilensis</i>	72	10,3
(P)	<i>Mediomastus branchiferus</i>	747	7,9
	<i>Oligochaeta</i> sp.	111	1,2
(P)	<i>Nereis dorsolobata</i>	85	0,9
(P)	<i>Nephtys ferruginea</i>	84	0,9
(A)	<i>Saccactis coliuma</i>	63	0,7
(G)	<i>Nassarius gayi</i>	57	0,6
(P)	<i>Lumbrineris tetraura</i>	54	0,6
(P)	<i>Sigambra bassi</i>	44	0,5
(P)	= poliquetos; (G) = gastrópodos;		
(A)	= antozoos		

TABLA IV. Valores calculados para *tau* y de sus d́cimas T del test de Kendall, para la independencia de las colecciones infaunísticas, de las 3 estaciones (VA, VC y VH) bentónicas analizadas en Bahía Concepción en los meses de junio y agosto de 1986. Se entregan valores para n donde se consideran todas las formas recolectadas, como también para n que considera solamente las especies más abundantes.

Estación	N	<i>tau</i>	T	N	<i>tau</i>	T
VA	29	0,51	203**	16	0,59	71**
VC	24	0,45	123**	14	0,66	63**
VH	27	0,58	204**	17	0,67	91**
**P << 0,01						

TABLA V. Atributos comunitarios del macrobentos sublitoral recolectado en la Bahía Concepción en dos cruceros realizados en junio y agosto de 1986. Se presenta el número de especies (S) agrupado por estación, promedio de especies (SM) con su respectiva desviación estándar (s), y valores calculados también en forma agrupada para cada localidad, de la diversidad específica según Shannon (H'), su estadístico acuchillado (H'j), límite de confianza (al 95%) inferior (L1), límite superior (L2), equidad (J'), proporción de encuentros interespecíficos potenciales (PEI) de Hurlbert, su estadístico acuchillado (PEIj), límite de confianza inferior (L1), y límite superior (L2), el número esperado de especies (E(S)) de Sanders-Hurlbert para m=10, y el complemento del índice de Simpson (SI).

Junio 1986										Agosto 1986		
Est.	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VA	VC	VH
S	26	31	19	26	33	19	25	28	31	27	21	23
SM	17,75	19,25	10,25	18,00	19,00	10,50	15,75	17,00	19,00	15,63	10,38	14,63
H	1,501	1,828	1,322	0,995	0,997	1,299	1,510	0,931	0,981	1,578	1,389	0,962
H'j	2,343	2,749	1,865	1,022	0,479	1,606	2,426	0,532	0,647	2,439	2,269	0,573
s	1,844	1,405	2,252	4,311	7,858	3,084	1,498	6,395	6,566	1,778	1,532	5,826
L1	1,597	2,234	0,779	0,719	2,315	0,121	1,810	1,947	1,761	1,736	1,572	1,947
L2	3,089	3,264	2,951	2,763	3,273	3,091	3,045	3,011	3,055	3,142	2,966	3,093
J'	0,461	0,532	0,449	0,305	0,285	0,441	0,469	0,279	0,286	0,479	0,456	0,307
PEI	0,687	0,771	0,582	0,414	0,364	0,534	0,694	0,355	0,374	0,706	0,657	0,365
PEIj	0,944	1,003	0,754	0,396	0,148	0,649	1,029	0,166	0,234	0,964	1,007	0,176
s	0,741	0,458	0,952	1,780	2,834	1,134	0,790	2,470	2,411	0,712	0,826	2,250
L1	0,645	0,836	0,296	0,323	0,859	0,103	0,705	0,792	0,650	0,682	0,632	0,797
L2	1,243	1,170	1,212	1,115	1,155	1,195	1,353	1,124	1,118	1,246	1,383	1,149
E(S)	3,980	4,677	3,565	2,883	2,817	3,458	3,787	2,722	2,788	4,060	3,522	2,792
SI	0,687	0,771	0,582	0,414	0,364	0,534	0,694	0,355	0,374	0,706	0,657	0,365

TABLA VI. Valores de F, producto del análisis de varianza (ANOVA), conducido sobre las abundancias numéricas (N) y número de especies (S) de las estaciones bentónicas sublitorales (VA, VC y VH) estudiadas en la Bahía Concepción durante junio y agosto de 1986. Asimismo se entregan valores del estadístico t de Student, para la diversidad específica, i.e., función H' de Shannon-Wiener y la proporción de encuentros interespecíficos (PEI) de Hurlbert, ambos con respecto a sus estimados acuchillados. Se indican también los grados de libertad (g.l.).

Estación	N	S	H'	PEI
VA	113,54**	3,93	0,19	0,10
VC	0,31	0,01	0,60	0,90
VH	20,18**	2,04	0,02	0,02
g.l.				
	1/10	1/10	51	51
			38	38
			49	49
**P << 0,01				

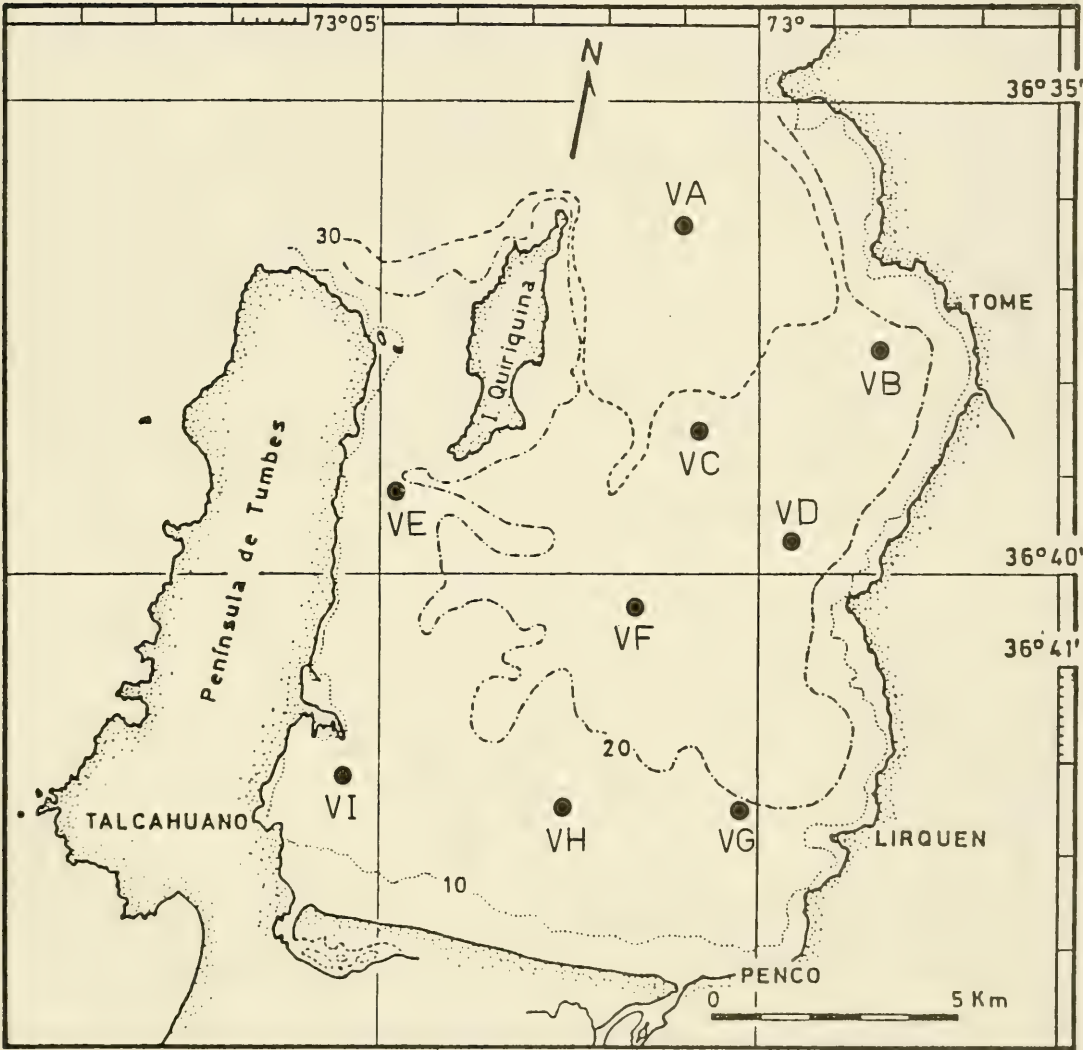


FIGURA 1. Carta geográfica del área marina de Bahía Concepción, Chile, donde se indica la situación de las 9 estaciones bentónicas analizadas en junio y agosto de 1986.

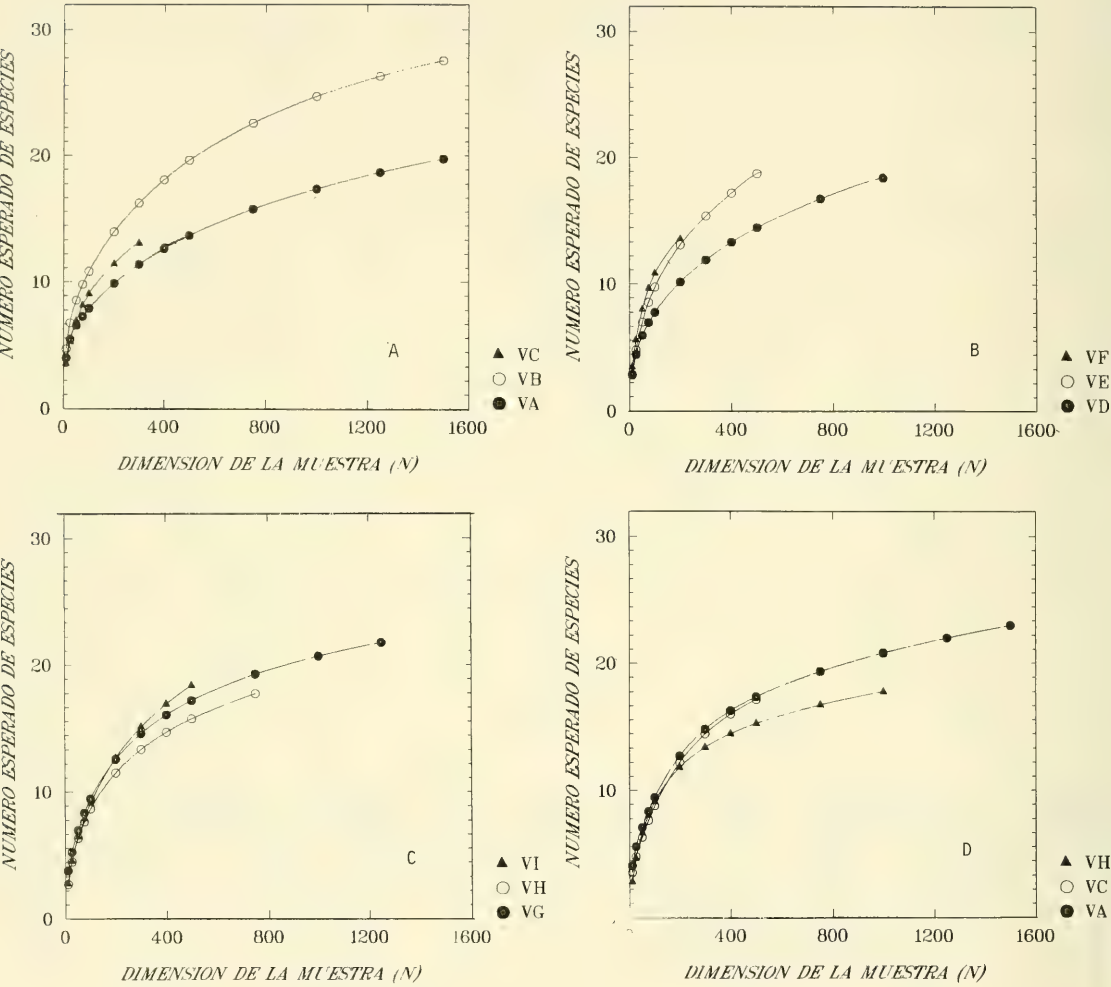


FIGURA 2. Curvas de diversidad del tipo "rarefaction" de Sanders-Hurlbert, para el número esperado de especies de la macrofauna bentónica, recolectadas en 9 estaciones macrobentónicas en junio y agosto de 1986 en la Bahía Concepción, Chile. La abscisa corresponde al tamaño de la muestra (N) y la ordenada al número esperado de especies ($E(S_n)$). A) Estaciones VA, VB y VC; B) Estaciones VD, VE y VF; C) Estaciones VG, VH y VI; D) Estaciones VA, VC y VH (agosto 1986).



FIGURA 3. Dendrogramas producto del análisis de Clasificación Numérica (conglomerados) para las 9 estaciones del macrobentos sublitoral de Bahía Concepción, Chile, analizadas en junio de 1986. A) Según el programa DENDRO, índice de Bray-Curtis como distancia y estrategia WPGMA, datos transformados ($Y = \ln(X+1)$); B) según programa SIGTREE, índice de Bray-Curtis como similitud, estrategia UPGMA, 500 iteraciones; aquí las líneas continuas indican los grupos estadísticamente significativos.

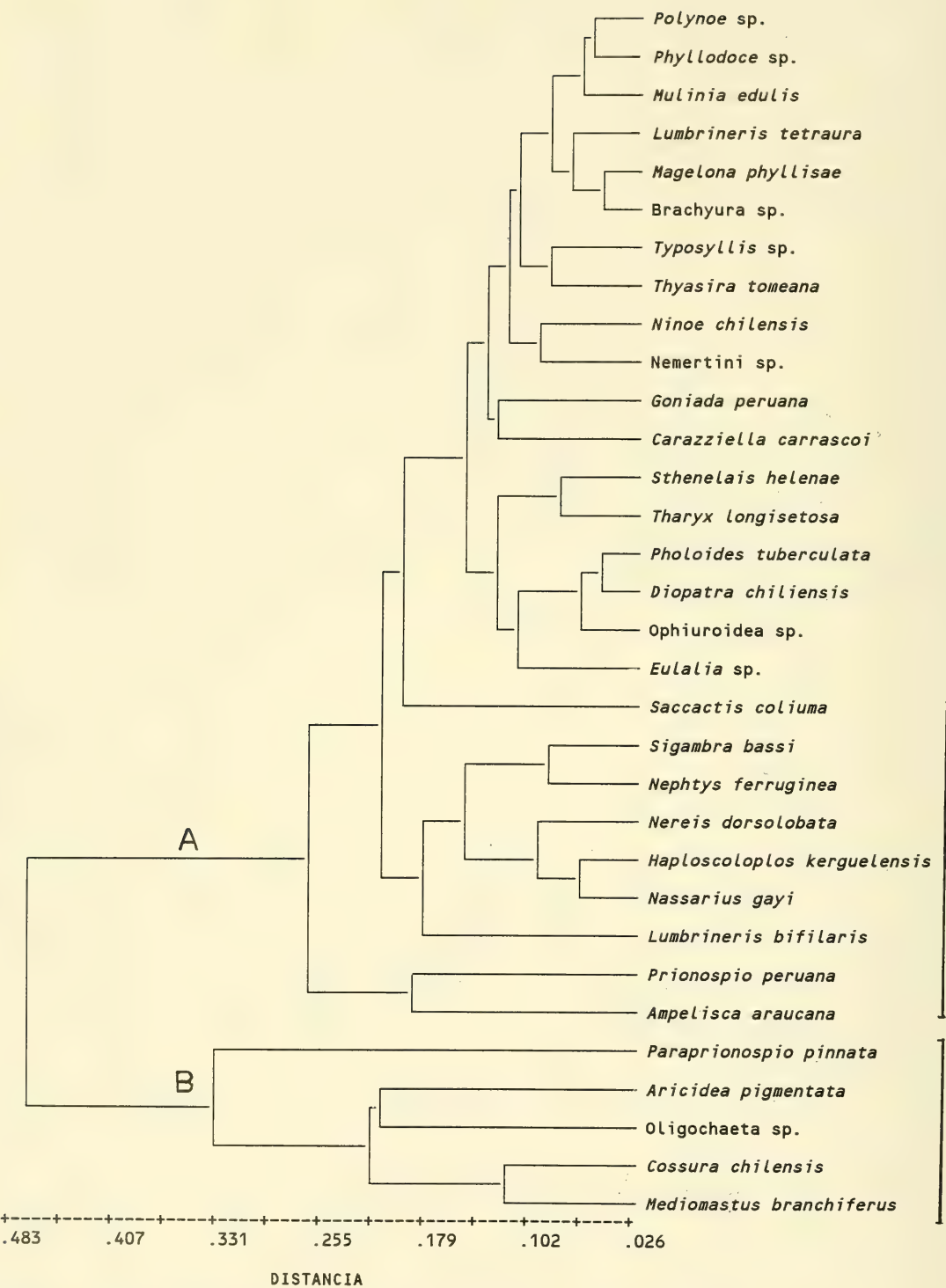


FIGURA 4. Dendrograma producto del análisis de Clasificación Numérica (conglomerados) para las especies o formas más abundantes (> 0,03 % del total) del macrobentos sublitoral de Bahía Concepción, Chile, recolectadas en junio de 1986. Gráfica generada con el programa DENDRO, usando el índice de Bray-Curtis como distancia, estrategia WPGMA, y datos transformados ($Y = \text{LN}(X+1)$). Las letras A y B denotan las agrupaciones mayores conformadas.

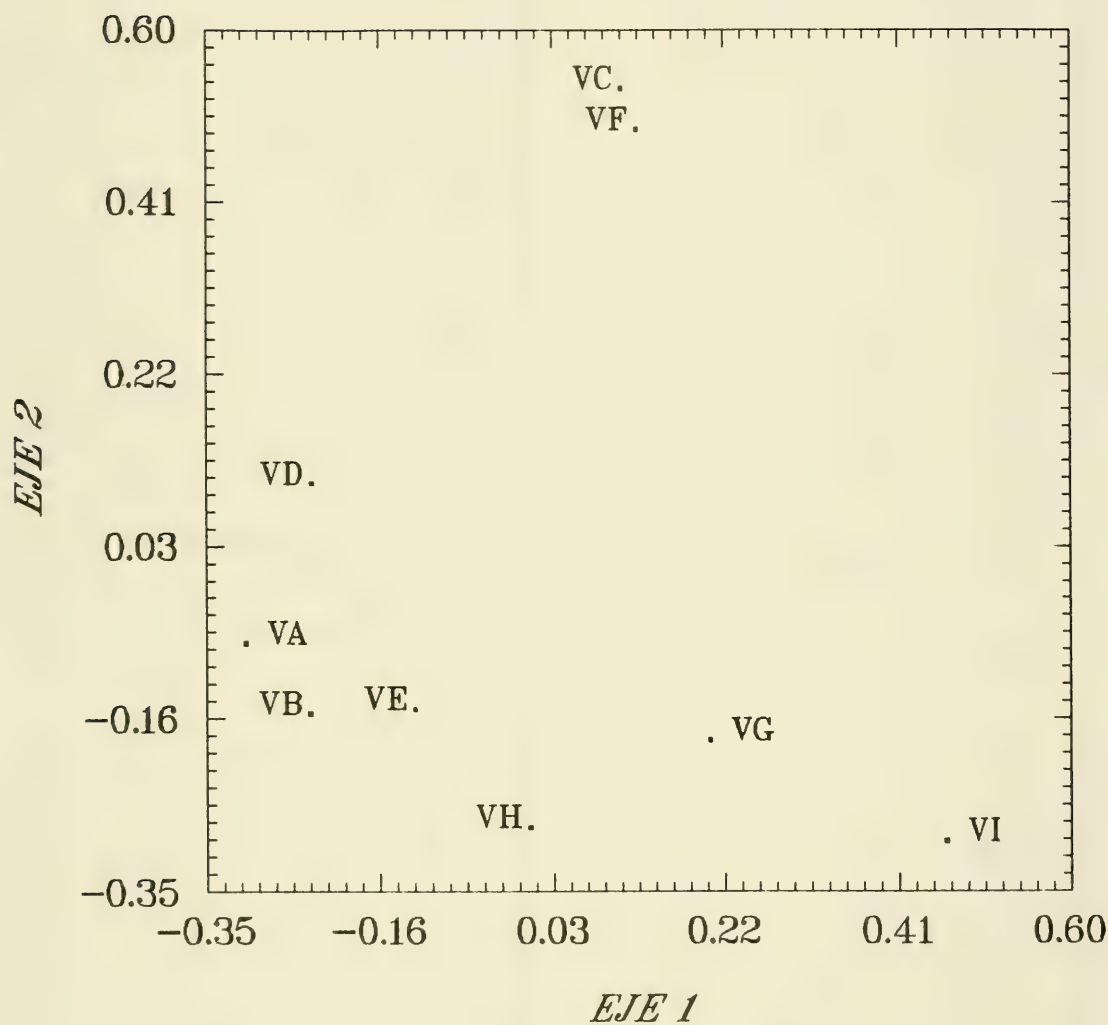


FIGURA 5. Gráfica resultante del Análisis de Coordenadas Principales, sobre la base del índice de Bray-Curtis, con datos transformados ($Y = \text{LN}(X+1)$), para los valores de la abundancia numérica de las 9 estaciones macrobentónicas estudiadas en la Bahía Concepción, Chile, en el mes de junio de 1986. Las letras denotan las posiciones en el plano euclidiano de las distintas estaciones.

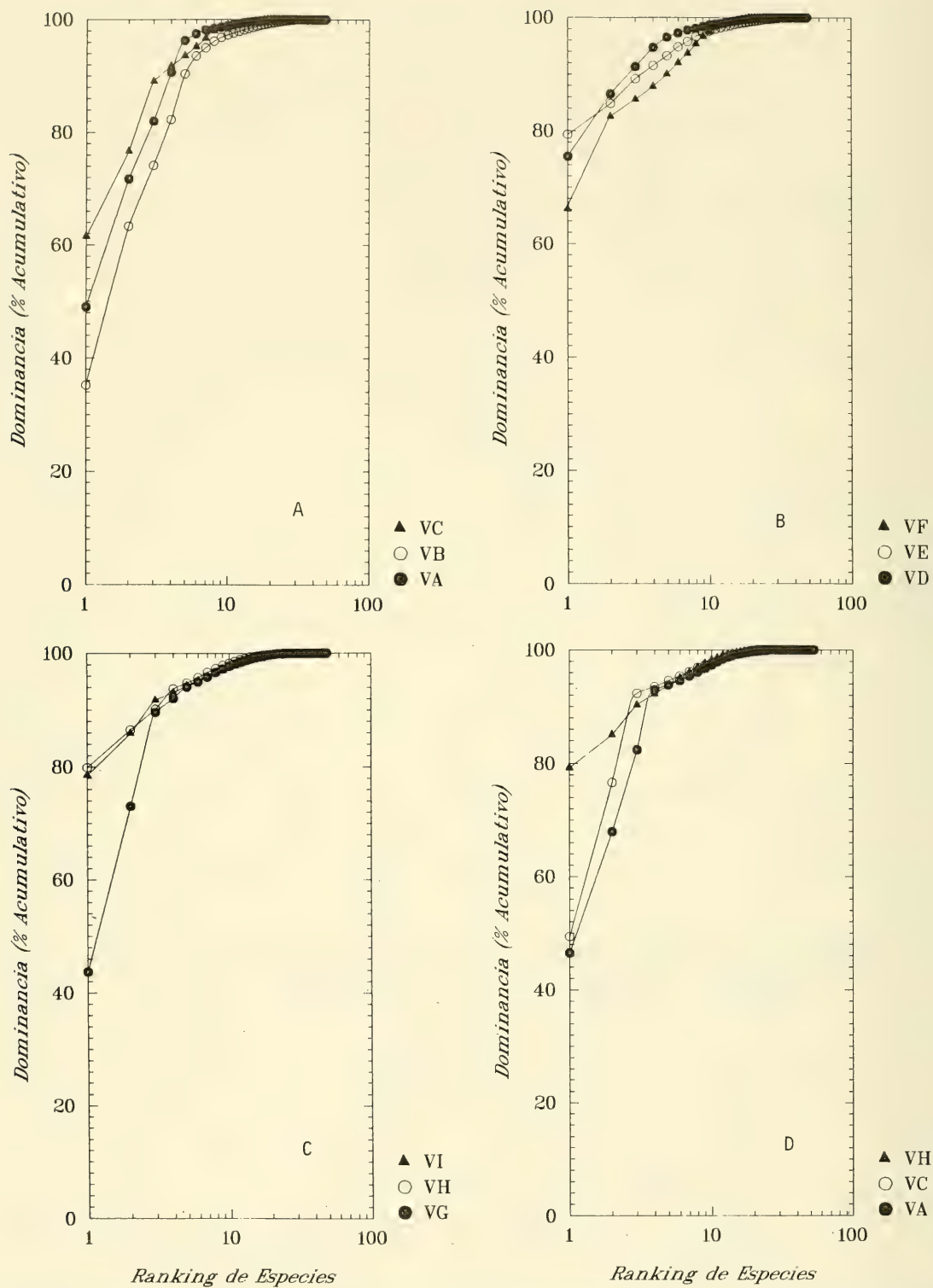


FIGURA 6. Curvas de k-dominancia para la abundancia numérica de estaciones del macrobentos sublitoral de Bahía Concepción, Chile, analizadas en junio y agosto de 1986. La abscisa presenta la ordenación de especies de mayor a menor y la ordenada la dominancia numérica acumulada. A) Gráfica correspondiente a la estaciones VA, VB y VC; B) Estaciones VD, VE y VF; C) Estaciones VG, VH y HI; D) Estaciones VA, VC y VH muestreadas en agosto de 1986.

ANEXO 1

Abundancia numérica (N/314,2 cm²) agrupada por 4 réplicas, de la macroinfauna bentónica recolectada en la Bahía Concepción en junio de 1986.

	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI
<i>Polynoe</i> sp.	1	1	1	3	1	1	0	1	0
<i>Sthenelais helenae</i>	0	0	1	5	1	0	17	4	15
<i>Pholoides tuberculata</i>	0	6	0	0	3	0	0	1	9
<i>Eteone</i> sp.	0	0	0	3	1	0	0	0	0
<i>Eulalia</i> sp.	1	8	0	0	0	6	3	2	16
<i>Phyllodoce</i> sp.	1	2	0	1	3	2	0	1	2
<i>Sigambra bassi</i>	10	7	15	14	8	10	21	10	26
<i>Podarke</i> sp.	1	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Hesionidae</i> sp.	1	0	0	0	4	0	0	0	0
<i>Typosyllis</i> sp.	10	5	3	6	2	3	6	5	0
<i>Nereis dorsolobata</i>	10	12	1	5	15	0	10	11	4
<i>Nephtys ferruginea</i>	28	19	13	24	25	22	24	27	44
<i>Nephtys magellanica</i>	0	0	0	0	1	0	2	0	0
<i>Glycera americana</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	4
<i>Goniada cf. peruana</i>	0	6	1	6	2	1	0	15	4
<i>Diopatra chiliensis</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	9
<i>Lumbrineris bifilaris</i>	0	6	0	0	24	0	65	44	40
<i>Lumbrineris tetraura</i>	6	9	0	0	2	0	0	5	1
<i>Ninoe chilensis</i>	2	0	0	0	7	0	0	0	0
<i>Prionospio peruana</i>	49	89	22	83	0	16	2	0	1
<i>Carazziella carrascoi</i>	2	3	0	3	5	0	23	16	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	2040	89	502	3443	2103	483	1159	3670	2585
<i>Polydora socialis</i>	0	0	0	0	3	0	0	1	0
<i>Magelona phyllisae</i>	4	3	0	0	1	0	6	3	1
<i>Tharyx longisetosa</i>	0	0	0	0	1	0	12	1	4
<i>Phyllochaetopterus monroi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Spiochaetopterus</i> sp.	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Haploscoloplos kerguelensis</i>	9	40	1	14	46	1	4	42	5
<i>Aricidea pigmentata</i>	948	229	101	502	63	17	7	31	2
<i>Cossura chilensis</i>	234	304	124	220	144	120	779	166	192
<i>Mediomastus branchiferus</i>	429	793	1	156	115	1	439	167	243
<i>Maldane ? chilensis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Owenia fusiformis</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Pectinaria chilensis</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Isolda viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Megalomma monoculata</i>	0	0	0	6	0	0	0	0	0
<i>Oligochaeta</i>	361	229	0	13	11	15	54	305	9
<i>Echiurida</i> sp.	0	2	0	1	0	0	0	0	0
<i>Nassarius gayi</i>	4	33	2	7	42	2	3	13	13
<i>Thyasira tomeana</i>	6	2	0	6	5	2	0	2	0
<i>Mulinia edulis</i>	3	2	3	1	1	0	0	2	1
<i>Ampelisca araucana</i>	0	2	11	35	5	12	10	0	0
<i>Gammaroidea</i> sp.	0	1	1	0	1	0	1	0	0
<i>Brachyura</i> sp.	2	3	0	0	0	0	1	1	1
<i>Anomura</i> sp.	0	3	0	0	0	0	1	0	2
<i>Ophiuroidea</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	30
<i>Nemertini</i>	0	4	0	1	3	6	0	0	0
<i>Saccactis</i> sp.	1	0	12	1	1	12	0	47	19
<i>Hemichordata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2

ANEXO 2

Abundancia numérica (N/628,3 cm²) agrupada por 8 réplicas, de la macroinfauna bentónica recolectada en la Bahía Concepción en 3 estaciones bentónicas en agosto de 1986.

	VA	VC	VH
<i>Polynoe</i> sp.	0	3	7
<i>Sthenelais helenae</i>	0	0	3
<i>Phyllodoce</i> sp. 1	1	0	6
<i>Sigambra bassi</i>	13	11	20
<i>Podarke</i> sp.	2	2	0
<i>Hesionidae</i> sp.	0	0	0
<i>Typosyllis</i> sp.	25	5	2
<i>Nereis dorsolobata</i>	19	1	65
<i>Nephtys ferruginea</i>	25	11	48
<i>Nephtys magellanica</i>	0	0	0
<i>Glycera americana</i>	4	0	9
<i>Goniada</i> sp.	0	0	0
<i>Diopatra chiliensis</i>	1	0	0
<i>Lumbrineris bifilaris</i>	0	0	0
<i>Lumbrineris tetraura</i>	28	3	23
<i>Ninoe chilensis</i>	0	0	0
<i>Prionospio peruana</i>	0	0	0
<i>Carazziella carrascoi</i>	0	0	0
<i>Paraprionospio pinnata</i>	1480	691	3831
<i>Polydora socialis</i>	0	0	0
<i>Magelona phyllisae</i>	3	0	0
<i>Tharyx longisetosa</i>	0	0	0
<i>Phyllochaetopterus monroi</i>	0	0	0
<i>Spiochaetopterus</i> sp.	0	0	0
<i>Haploscoloplos kerguelensis</i>	15	1	23
<i>Aricidea pigmentata</i>	684	220	74
<i>Cossura chilensis</i>	337	382	253
<i>Mediomastus branchiferus</i>	460	6	281
<i>Maldane ? chilensis</i>	0	0	0
<i>Owenia fusiformis</i>	0	0	0
<i>Pectinaria chilensis</i>	0	10	1
<i>Isolda viridis</i>	3	0	0
<i>Oligochaeta</i>	9	6	96
<i>Nassarius gayi</i>	18	4	35
<i>Thyasira tomeana</i>	0	0	0
<i>Mulinia edulis</i>	22	4	2
<i>Ampelisca araucana</i>	21	15	5
<i>Brachyura</i> sp.	2	0	0
<i>Anomura</i> sp.	2	4	0
<i>Macrura</i> 1	1	0	0
<i>Cumacea</i> 1	1	0	1
<i>Mysidacea</i> 1	0	2	1
<i>Nemertini</i>	4	2	7
<i>Saccactis</i> sp.	4	17	42
<i>Ascidia</i> 1	1	0	0

ASENTAMIENTO Y RECLUTAMIENTO DE *CHOROMYTILUS CHORUS* EN EL INTERMAREAL DE PUREMA, VIII REGION, CHILE*

SETTLEMENT AND RECRUITMENT OF *CHOROMYTILUS CHORUS* IN THE INTERTIDAL OF PUREMA, VIII REGION, CHILE

Irene M. Lépez, Olga L. Aracena, Claudia Santos y Oscar Olivares**

RESUMEN

En este trabajo se caracteriza el asentamiento y reclutamiento de una población intermareal de *Choromytilus chorus*, "choro zapato" en Purema, Octava Región, Chile (36°26'19" S; 73°53'00" W). Esta especie es explotada por lugareños y veraneantes. Los análisis se basaron en: i) muestras mensuales de 25 cm², de la franja del alga *Gymnogongrus furcellatus*, durante 1989 y 1990; ii) muestreos bimensuales de 225 cm², en el sustrato rocoso adyacente cubierto con mitílidos durante 1989 y 1990 y iii) algunas muestras esporádicas en ambos sustratos en 1991, 1992 y 1993.

Los resultados indican que el asentamiento y reclutamiento del choro zapato ocurre sobre el alga y durante casi todo el año pero con densidades altas en primavera. El reclutamiento (ejemplares menores que 2 mm de longitud valvar) fue máximo en 1989 (21.958 individuos/25 cm²), mínimo en 1990 y 1992 (19 individuos/25 cm²) y levemente mayor en los años siguientes (86 y 87 individuos/25 cm², en 1991 y 1993, respectivamente). La mayoría de los individuos encontrados en el alga tenían tamaños menores que 20 mm de longitud valvar y en el otoño siguiente todos los sobrevivientes se habían trasladado al sustrato rocoso adyacente, donde alcanzaron hasta 60 mm de longitud valvar. Tallas mayores son extraídas por los mariscadores.

Se concluye que el asentamiento se produce durante todo el año, siendo mucho más abundante sobre el alga que en el sustrato rocoso y presenta grandes variaciones interanuales.

PALABRAS CLAVES: *Choromytilus chorus*, reclutamiento, asentamiento, intermareal.

ABSTRACT

This paper deals with the characterization of settlement and recruitment of an intertidal population of *Choromytilus chorus*, "choro zapato" at Purema, Chile (36°26'19" S; 73°53'00" W). This species is exploited by local inhabitants and summer visitors. The corresponding analysis have made in, i) monthly samples of 25 cm², taken from the *Gymnogongrus furcellatus* algal fringe, obtained during 1989 and 1990, ii) bi-monthly samples of 225 cm² taken from an adjacent rocky substrate covered with mussels, obtained during 1989 and 1990 and iii) same samples sporadically taken from both substrates during 1991, 1992 and 1993. The results showed that the settlement of mussels occurs on the *G. furcellatus* algal fringe nearly all the year long, and with high densities during springtime. The recruitment (individuals with valve length less than 2 mm) were recorded, reaching maximum values in August-September 1989 (21958 individuals/25 cm²) and minimum values during 1990 and 1992 (19 individuals/25 cm²) with a slight increment during 1991 and 1993 (86 and 87 individuals/25 cm², respectively). Most of the individuals found on the algae revealed valve length smaller than 20 mm and in the autumn all surviving organism moved from the algal fringe to the adjacent rocky substrate, where they reached a valve length of 60 mm.

In conclusion, settlement occurs all the year long, but is more abundant on algae than rocky substrate and present great interannual fluctuations.

KEYWORDS: *Choromytilus chorus*, recruitment, settlement, intertidal.

INTRODUCCION

El reclutamiento es un factor importante en la dinámica de las poblaciones y su conocimiento permite estimar las tasas de crecimiento pobla-

*Proyecto financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción. D.I. 20.37.19.

**Departamento de Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción. Casilla 2407, Concepción.

cional. A partir de la década del 80 se renovó el interés por su estudio y aparecieron publicaciones sobre diversos aspectos del proceso de asentamiento y/o reclutamiento en especies bentónicas marinas. Roughgarden *et al.* (1984), Gaines & Roughgarden (1985), estudiaron el asentamiento en balánidos; López & Moreno (1988), Moreno & Reyes (1988), González *et al.* (1991), Stotz *et al.* (1991 a y 1991 b), López *et al.* (1991) y Moreno *et al.* (1993), caracterizaron el asentamiento y/o reclutamiento de gastrópodos; Ambler & Cañete (1991), el asentamiento de ascidias y Keough & Downes (1982), Navarrete & Castilla (1990) y Moreno (1995) entre otros, estudiaron aspectos del asentamiento y/o reclutamiento de mitílidos.

En el caso específico de las larvas de mitílidos, el asentamiento se realiza generalmente en estructuras filamentosas, e.g. algas, bisos de adultos, materiales de fibra sintética, etc. (Bayne, 1964; Seed, 1976; Eyster & Pechenik, 1987; Moreno, 1995). Se ha demostrado que larvas de *M. edulis* Linnaeus, 1758 (McGrath *et al.* 1988) y *M. californianus* Conrad, 1837 (King *et al.*, 1990) también se pueden asentar directamente en el banco de los adultos coespecíficos, aunque prefieren sustratos filamentosos (Petersen, 1984; Eyster & Pechenik, 1987).

Según estudios sobre larvas del mitílido chileno "choro zapato" (*Choromytilus chorus* (Molina, 1782)) hechos en el plancton de Chiloé y Valparaíso por Ramorino & Campos (1983) y en desarrollos larvales en laboratorio, realizados por Chaparro & Sanhueza (1986), se describe que sus larvas metamorfosean y se fijan a una longitud entre 260 y 300 μm , y que se asientan preferentemente en algas filamentosas.

Al norte de la bahía de Coliumo se encuentra la localidad de Purema, donde existe un banco intermareal de choro zapato que es explotado por mariscadores del lugar y veraneantes y que podría constituirse en el único lugar proveedor de semilla de esta especie en la VIII Región. Sin embargo, no se tienen conocimientos de su dinámica que nos permita conocer su persistencia en el tiempo, de tal manera que se pueda asesorar adecuadamente para un eventual manejo.

En este estudio se da conocer el lugar, la época y la densidad en que ocurre el asentamiento y reclutamiento de esta especie en el intermareal de Purema, las que consideramos variables

críticas para futuros estudios de dinámica poblacional.

MATERIALES Y METODOS

La playa de Purema ($36^{\circ}26'19''\text{S}$; $73^{\circ}53'00''\text{W}$), se ubica a 21 km al norte de Dichato y se caracteriza por presentar roqueríos intermareales muy expuestos. En su extremo sur desemboca el estero Purema, cuyo caudal es mediano y relativamente constante durante todo el año, influenciando localmente la salinidad, que en su desembocadura alcanza valores entre 27 y 30 partes por mil. En este ambiente se desarrolla una población de *Choromytilus chorus*, acompañado por poblaciones efímeras de *Semimytilus algosus* (Gould, 1850), las que no fueron consideradas en este estudio.

Las muestras de choro zapato fueron obtenidas, durante las mareas bajas de sicigias, desde dos tipos de sustrato: uno, sobre la franja del alga *Gymnogongrus furcellatus* (C. Agardh) J. Agardh ubicada en la base de paredones rocosos y que consistieron en 20 cuadrados de 5 cm de arista, y el otro, sobre la roca adyacente a esta misma alga y que consistieron en 5 muestras de 225 cm^2 , en cada oportunidad.

Los muestreos sobre el sustrato de *Gymnogongrus* fueron mensuales y se extendieron desde abril de 1989 a mayo de 1990 y luego en los meses de octubre y noviembre de este último año, en enero, marzo y octubre de 1991, en abril de 1992 y en agosto de 1993. Los muestreos sobre el sustrato rocoso fueron bimensuales, entre abril de 1989 y mayo de 1990. Luego se muestreó esporádicamente en octubre de 1990, en enero, marzo y octubre de 1991, en abril de 1992 y en agosto de 1993.

El material extraído de cada cuadrado se llevó al laboratorio, donde se obtuvo la biomasa (peso húmedo) del alga y de los mitílidos, con una balanza de 0,01 g de precisión. Además, se determinó el número de ejemplares de choro zapato y se midió su longitud máxima con un pie de metro, con precisión de 0,1 mm. Los individuos inferiores o iguales a 1 mm. fueron medidos mediante un ocular micrométrico, previa identificación y descarte de los juveniles de *Semimytilus*.

RESULTADOS

En la Tabla I se puede observar que la implantación de ejemplares de choro zapato menores que 2 mm de longitud valvar sobre el alga *Gymnogongrus furcellatus*, fue muy abundante a fines de invierno y en la primavera de 1989, escasa en la primavera de 1990 y algo mayor en la primavera de 1991 y 1993. En cambio, la fijación en el sustrato rocoso, sin *Gymnogongrus*, fue insignificante, siendo esto más notorio en los meses de agosto y octubre de 1989, en los cuales se realizaron muestreos paralelos en ambos sustratos y que coincidieron con la época de mayor reclutamiento de todos los meses estudiados, encontrándose sólo 0 y 36 ejemplares por 25 cm², respectivamente.

En la Fig. 1 A se observa las variaciones de la biomasa promedio y su desviaciones estándar, de *G. furcellatus* en 25 cm², durante los meses muestreados. Esta osciló entre 7,51 g hasta 35,28 g. En 1989 y 1990, la mayor abundancia estuvo en los meses de invierno y primavera (18,87-26 g) y luego disminuyó en verano y otoño hasta 8,04 g.

Los muestreos esporádicos realizados en los siguientes años, al parecer no mostraron el mismo patrón, debido a la gran abundancia del alga encontrada en marzo de 1991 (29,43 g) y abril de 1992 (35,28 g).

Aunque hubo variabilidad en la abundancia del alga entre una muestra y otra, las desviaciones estándares no fueron nunca mayores que el promedio. Esto refleja bien lo que se observó en terreno, pues la banda de *Gymnogongrus* fue bastante homogénea en su abundancia, a pesar que fue parcial y esporádicamente cubierta por la arena en los meses de otoño e invierno.

El número promedio por muestra de mitílidos, que vive sobre *Gymnogongrus*, se presenta en escala logarítmica debido a que hay diferencias de varios órdenes de magnitud entre los datos (6 a 1.120 ejemplares) (Fig. 1 B). Esto indicó la existencia de una sólo época de gran abundancia, que correspondió a los meses de agosto a noviembre de 1989, con desviaciones muy elevadas, mayores a los promedios, especialmente en el mes de noviembre, lo que mostró que los ejemplares estaban altamente agrupados. En el resto de los meses, a excepción de octubre de 1991, el número de mitílidos por muestra fue

menor.

La abundancia expresada como biomasa promedio de choro zapato por muestra siguió un patrón diferente al del número, dependiendo del tamaño de los ejemplares y oscilando entre 0,38 g hasta 51,2 g, (Fig. 1 C). El período de mayor abundancia en número correspondió a una época de reclutamiento, lo que significó valores bajos de biomasa en esos meses. En el resto de los meses del año 1990, los valores de biomasa promedio de choros por muestra aumentaron, indicando crecimiento de los bivalvos. En este gráfico, las desviaciones estándar también fueron altas, por sobre el promedio en casi todos los meses.

Más del 80 % de los individuos de *Ch. chorus* encontrados en *Gymnogongrus* tenían una talla menor o igual a 20 mm de longitud valvar, excepto en mayo de 1990 y marzo del año siguiente (Tabla II). El promedio de la talla del total de ejemplares fue pequeño, no sobrepasando los 16,6 mm. Las tallas promedios menores se encontraron en agosto, septiembre y octubre de 1989 y en octubre de 1991, coincidiendo con períodos de gran abundancia de ejemplares de choro zapato sobre *Gymnogongrus*.

En la Fig. II se han graficado las distribuciones de frecuencia de las tallas de los ejemplares de *Ch. chorus* encontrados sobre *Gymnogongrus*. En esta figura, se ha resaltado la llegada de los ejemplares más pequeños, haciendo los dos primeros intervalos de tamaños de 1 mm y los restantes de 2 mm.

En la mayoría de los meses se observa una sólo moda, correspondiente a ejemplares menores a 8 mm de longitud valvar. Dos modas notorias se observan en mayo y octubre de 1990, en enero y marzo de 1991 y en agosto de 1993.

Los ejemplares más pequeños, pertenecientes a los intervalos de 0 y 2 mm, se encontraron en forma abundante en los meses de agosto, septiembre y octubre de 1989 y en forma escasa, en noviembre de 1989 y en enero, febrero, mayo, octubre y noviembre de 1990 y en octubre de 1991. Esto indicaría que el período de reclutamiento intenso ocurrió entre agosto y octubre, pudiendo observarse reclutamientos menores a lo largo de todo el año.

Siguiendo la evolución de la cohorte que reclutó entre agosto y octubre de 1989, se observa un desplazamiento de la moda y una gran dispersión de las tallas, que llega a generar dos modas

en mayo de 1990. Posteriormente, cuando llega la cohorte siguiente, en octubre de 1990, gran parte de los ejemplares mayores o iguales a 6 mm de longitud valvar han desaparecido del alga. Esto se repitió en octubre de 1991, pero no en agosto de 1993, donde se observaron las dos cohortes sobre *Gymnogongrus*.

En la Tabla III se detalla la distribución de frecuencia de tamaños de los individuos menores a 1 mm de longitud valvar en aquellos meses en que éstos fueron abundantes.

Se observa que los ejemplares más pequeños encontrados en octubre de 1989 tuvieron tallas menores que 200 micrómetros. El asentamiento debió comenzar en julio de 1989, ya que en agosto la mayoría de los choros tenía ya alrededor de 500 micrómetros. Además, hubo un segundo asentamiento en octubre de ese año, aunque de menor abundancia (Tabla III).

El número de ejemplares menores o iguales a 1 mm fue máximo en agosto, disminuyendo bruscamente entre octubre y noviembre, a pesar que en octubre hubo un pequeño asentamiento. Por otra parte, la abundancia de ejemplares pequeños fue mucho menor en 1990 y en 1991, ya que sólo en octubre de este último año se encontró un número suficiente como para destacar su distribución por intervalos de 0,1 mm de tamaño.

En la Fig. 3 se observa la distribución de frecuencia de tallas de choros zapatos encontrados sobre sustrato rocoso. Las tallas más grandes pertenecieron a los intervalos entre 50 y 60 mm de longitud valvar.

Las distribuciones fueron bimodales. En todos los meses se observaron ejemplares de pequeño tamaño (entre 2 y 8 mm), siendo moderadamente abundantes en abril de 1989 y de 1992 y más abundantes en octubre de 1989 y enero de 1990.

No se encontró ningún ejemplar sobre el sustrato rocoso en los meses de octubre de 1990, enero, marzo y octubre de 1991 y en agosto de 1993. Esto indicaría que en algunos años, los ejemplares sobre el sustrato rocoso desaparecen totalmente, aun cuando haya existido un reclutamiento tan exitoso como el observado en 1989.

En la Tabla 4 se observa el número promedio y la desviación estándar de estos mismos ejemplares, muestreados sobre el sustrato rocoso. Durante 1989, las densidades promedios y sus respectivas desviaciones subieron levemente en-

tre abril y agosto, bajando levemente en octubre. En enero de 1990 se encontró la densidad (y la desviación estándar) de choros más alta observada en todo el período de estudio y de ahí disminuyó hasta llegar a cero en octubre. Durante 1991 no se encontró choros zapatos en los meses muestreados. En abril de 1992, la densidad fue semejante a la de enero de 1990, en cambio en agosto de 1993, nuevamente desaparecieron totalmente los choros del sustrato rocoso.

DISCUSION

El banco intermareal de Purema se caracteriza por estar formado por individuos de pequeño tamaño, cuyas tallas máximas no sobrepasan los 60 mm de longitud, las que se encuentran en muy pequeña cantidad, debido a la explotación por parte de los mariscadores de orilla y de los veraneantes. De acuerdo con Pérez-Olea (1981), quien establece que el tamaño mínimo de madurez podría ser menor aún que 40 mm de longitud, habría en este banco una pequeña proporción de reproductores, pero sólo en algunos meses (ver Fig. 3). En el submareal de Purema fue detectado un banco de choros de mayor tamaño, que no fue estudiado y que probablemente es la fuente principal de larvas para el banco intermareal, especialmente en los períodos en que este último desaparece del sustrato rocoso (Tabla 4). No se conoce con certeza las causas que provocan la eliminación de estos choros. Lo más probable es que se deba al desprendimiento durante los temporales, lo que fue constatado por los autores en algunas ocasiones. También se observó que estos ejemplares quedaban esporádicamente cubiertos de arena, pero esto nunca produjo mortalidades masivas, tal como ocurrió en Mehuín (Moreno, 1995).

Los ejemplares más pequeños encontrados sobre *Gymnogongrus* en Purema estaban recién asentados (asentamiento primario), puesto que algunos midieron incluso menos que 200 μ m de longitud valvar, tamaño menor que el descrito para que ocurra la metamorfosis y el asentamiento en el choro zapato, según Ramorino & Campos (1983) y Chaparro & Sanhueza (1986). También se observaron individuos de pequeño

tamaño, pero iguales o mayores que 2 mm de longitud valvar, en el sustrato rocoso adyacente, pudiendo corresponder esto a un traslado temprano de juveniles desde el alga, que comenzaría poco después del asentamiento y culminaría en el otoño siguiente (Fig. 3). Moreno (1995) describe que en el sustrato rocoso de Mehuín sólo se detectó reclutas menores de 20 mm de longitud valvar entre abril y agosto de 1988, los que desaparecieron en los meses siguientes, por depredación de *Nucella crassilabrum*. Este efecto de la depredación no se observó en Purema ya que en todos los muestreos sobre el sustrato rocoso, graficados en la Fig. 3, hubo una gran cantidad de individuos menores 20 cm.

Si hubo asentamiento directo en el sustrato rocoso (octubre de 1989, Tabla I), éste fue muy pequeño comparado con el que ocurrió sobre el alga, coincidiendo con lo establecido por Petersen (1984) para *Mytilus californianus* y *Mytilus edulis*, Bayne (1964) para *M. edulis* y Cáceres-Martínez *et al.* (1993) en *Mytilus galloprovincialis*.

Moreno (1995), en un estudio de una población de *Ch. chorus* realizado en Mehuín, en la Reserva Marina, sistema semejante al estudiado en Purema, excepto que no hay explotación, propone que las larvas de choro zapato que se asientan sobre *Gymnogongrus* tienen mayor probabilidad de sobrevivencia, debido a que el alga constituye un refugio contra la depredación ejercida por el caracol *Nucella crassilabrum*, al estar sus frondas alejadas del sustrato. Según este mismo autor, los individuos de *Ch. chorus* permanecerían en el alga hasta alcanzar un tamaño-refugio de 30 mm, contra la depredación de este caracol.

Lo observado en Purema no concuerda totalmente con esta explicación, ya que cuando el asentamiento es muy abundante, las algas dejan de estar erectas debido al peso de los bivalvos y éstos son presas fáciles para los gastrópodos, desapareciendo el refugio espacial. Entre octubre y noviembre de 1989, luego de un asentamiento extraordinariamente exitoso (Tabla I), los ejemplares menores de 1 mm que estaban fijados sobre *Gymnogongrus* (Tabla III) y también los menores a 2 mm (Tabla I), disminuyeron bruscamente en ese último mes debido, en parte, a la depredación por *Nucella*, observada en terreno. Según un censo realizado en esos meses, este gastrópodo presentó una densidad entre 380 y

500 ejemplares por m², concentrados a lo largo de la franja del alga.

En este estudio no se observó un tamaño "refugio" de 30 mm de longitud valvar (Moreno, 1995) de traslado de los mitílidos desde el alga hacia el sustrato rocoso, pues al parecer, los ejemplares se cambiaron paulatinamente, ya que según la Fig. 3, choros pertenecientes a los intervalos de 4, 6 y 8 mm de longitud valvar fueron muy abundantes en el sustrato rocoso, a pesar que *N. crassilabrum* se encuentra en una densidad promedio normal de entre 25 y 30 ejemplares por metro cuadrado en esta zona.

Otros antecedentes de asentamiento y reclutamiento de choro zapato son los dados por Varela & Valenzuela (1983), para un banco natural submareal del estuario del río Queule, en el sur de Chile. Estos concuerdan en señalar la preferencia de la larva por sustratos filamentosos, pero además detectan una gran fijación en el banco de adultos del fondo, al igual que en *M. edulis*, en Irlanda (McGrath *et al.*, 1988).

Durante los tres años de estudio se observó un solo asentamiento de gran magnitud en agosto de 1989, el que se prolongó hasta octubre de ese año. Otros pequeños pulsos se observaron en octubre y noviembre de 1990, en octubre de 1991, y agosto de 1993. El asentamiento y reclutamiento de agosto de 1989 quedó reflejado en la alta densidad de choros encontrada en el sustrato rocoso, especialmente en enero de 1990 (ver Tabla IV) y la alta densidad en el sustrato rocoso de abril de 1992 debió corresponder a un reclutamiento producido en primavera de 1991, el cual fue apenas detectado en octubre de ese mismo año en *Gymnogongrus* (ver Tabla I). Por el contrario, la ausencia de choros en el sustrato rocoso detectada en los tres meses muestreados en 1991 indicó que el escaso asentamiento observado en el año anterior no fue suficiente para renovar esta población intermareal. Esto confirma la dependencia que tendría este banco intermareal, del aporte de larvas provenientes del banco submareal para su renovación.

El asentamiento y reclutamiento de choro zapato en Purema comenzó a fines de invierno, coincidiendo con lo observado en Coliumo, localidad situada a 21 km al sur de Purema (Aracena, 1983) y en Mehuín (Moreno, 1995). Sin embargo, ocurre más tempranamente que en el banco submareal del estuario de Queule (39° 15' S ; 73°

9' W) (Varela & Valenzuela 1983), donde encontraron que el máximo de larvas premetamórficas en la columna de agua se produjo a fines de octubre. Por otra parte, según Aracena *et al.* (1974) y Yáñez (1974) la fijación larval de *Ch. chorus* en Putemún (42° 27' S ; 73° 45' W) y Talcán (42° 45' S; 72° 58' W), respectivamente, también es posterior a la observada en Purema en al menos 3 meses. Estas diferencias, en la época de asentamiento y reclutamiento de esta especie, podrían explicarse por las diferencias en las condiciones abióticas entre los lugares mencionados, especialmente en la salinidad.

En resumen, el asentamiento y reclutamiento del choro zapato en el intermareal de Purema ocurre durante todo el año, siendo más importante en los meses de invierno, principalmente sobre *Gymnogongrus*, con grandes fluctuaciones interanuales. Estos reclutas alcanzan como máximo 60 mm de longitud valvar y disminuyen su abundancia hasta prácticamente desaparecer, antes que llegue la nueva cohorte.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de los Srs. Pablo Torres y Heriberto Moscoso en la obtención de las muestras en terreno, a la Srta. Gabriela Peña por la revisión de las muestras y al Dr. Carlos Moreno, por sus sugerencias sobre el manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- AMBLER, R.P. & J.I. CAÑETE. 1991. Asentamiento y reclutamiento de *Pyura chilensis* Molina, 1782 (Urochordata: Ascidiacea) sobre placas artificiales suspendidas en bahía La Herradura, Coquimbo, Chile. *Revista de Biología Marina* 26(2): 403-414.
- ARACENA, O.L. 1983. El cultivo de *Choromytilus chorus* (choro zapato) en Chile central y sur. *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura* 5(2): 231-240.
- ARACENA, O.L., R. YAÑEZ, LOZADA, E. & M.T. LOPEZ. 1974. Crecimiento de *Choromytilus chorus* en Talcán, Chiloé (Mollusca, Bivalvia; Mitilidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 47: 347-357.
- BAYNE, B.L. 1964. The responses of the larvae of *Mytilus edulis* (L.) to light and gravity. *Oikos* 15 (1):162-174.
- CACERES-MARTINEZ, J., J.A.F. ROBLES & A. FIGUERAS. 1993. Settlement of mussels *Mytilus galloprovincialis* on an exposed rocky shore in Ría de Vigo, NW Spain. *Marine Ecology Progress Series* 93: 195-198.
- CHAPARRO, O.R. & M.A. SANHUEZA. 1986. Desarrollo embrionario y larval del choro zapato: *Choromytilus chorus* (Bivalvia, Mytilidae). *Biología Pesquera* 15: 75-79.
- EYSTER, L.S. & J.A. PECHENIK. 1987. Attachment of *Mytilus edulis* L. larvae on algal and byssal filaments is enhanced by water agitation. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* 114: 99-110.
- GAINES, S. & J. ROUGHGARDEN. 1985. Larval settlement rate: a leading determinant of structure in an ecological community of a marine intertidal zone. *Proceeding of National Academy of Science. USA* 82: 3707-3711.
- GONZALEZ, S.A., W. STOTZ, P. TOLEDO, M. JORQUERA & M. ROMERO. 1991. Utilización de diferentes microambientes del intermareal como lugares de asentamiento por *Fissurella* spp. (Gastropoda: Prosobranchia) (Palo Colorado, Los Vilos, Chile). *Revista de Biología Marina* 26(2): 325-338.
- KEOUGH, M.J. & B.J. DOWNES. 1982. Recruitment of marine invertebrates: the role of active larval choices and early mortality. *Oecologia (Berl)* 54: 348-352.
- KING, P.A., D. MCGRATH & W. BRITTON. 1990. The use of artificial substrates in monitoring mussel (*Mytilus edulis* L.) settlement on an exposed rocky shore in the west of Ireland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 70: 371-380.
- LEPEZ, M.I. & C.A. MORENO. 1988. Reclutamiento de *Concholepas concholepas* en la costa de Valdivia: Influencia de los adultos y del tipo de hábitat. *Biología Pesquera* 17: 47-56.
- LEPEZ, M.I., O.L. ARACENA, O. OLIVARES & G. PEÑA. 1991. Época, lugar e intensidad del reclutamiento de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) (Gastropoda, Muricidae) en el intermareal de Ramuntcho, Octava Región, Chile. *Revista de Biología Marina* 26(2): 295-308.
- MCGRATH D., P.A. KING & E.M. GOSLING. 1988. Evidence for the direct settlement of *Mytilus edulis* larvae on adult mussel beds. *Marine Ecology Progress Series* 47: 103-106.
- MORENO, C.A. 1995. Macroalgae as refuge from predation for recruits of the mussel *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) in southern Chile. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* (in press).

- MORENO, C.A. & A.E. REYES. 1988. Densidad de *Concholepas concholepas* (Mollusca) en la Reserva Marina de Mehuín: Evidencias de fallas en el reclutamiento. *Biología Pesquera* 17: 31-38.
- NAVARRETE, S.A. & J.C. CASTILLA. 1990. Barnacle walls as mediator of intertidal mussel recruitment: effects of patch size on the utilization of space. *Marine Ecology Progress Series* 68: 113-119.
- PEREZ-OLEA, M. 1981. Biología Reproductiva de choro zapato (*Choromytilus chorus* Molina, 1782) en un estuario del sur de Chile (Queule, IX Región). Tesis Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile. 35 pp.
- PETERSEN, J.H. 1984. Larval settlement behavior in competing species: *Mytilus californianus* Conrad and *M. edulis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 82: 147-159.
- RAMORINO, L. & B. CAMPOS. 1983. Larvas y postlarvas de Mytilidae de Chile (Mollusca:Bivalvia). *Revista de Biología Marina*, 19(2): 143-192.
- ROUGHGARDEN, J. GAINES S. & Y. IWASA. 1984. Dynamic and evolution of marine population with pelagic larval dispersal. *In: Exploitation of Marine Communities*. Ed. R.M. May. Springer-Verlag, New York: 111-128.
- SEED, R. 1976. Ecology. *In: Marine mussels, their ecology and physiology*. Bayne, B.L. Ed. Cambridge Univ.Press, 495 pp.
- STOTZ, W.B., P. DE AMESTI, D. MARTINEZ & E. PEREZ. 1991a. Lugares de asentamiento y de juveniles tempranos de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789) en ambientes inter y submareales de la IV Región, Coquimbo, Chile. *Revista de Biología Marina* 26(2): 339-350.
- STOTZ, W.B., D.A. LANCELOTTI, D.J. MARTINEZ, P. DE AMESTI & E. PEREZ. 1991b. Variación temporal y espacial del registro de juveniles recién asentados de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789), en el intermareal rocoso de la IV Región, Chile. *Revista de Biología Marina* 26(2): 351-361.
- VALENZUELA, G. & C. VARELA. 1983. Evaluación de un banco natural de *Choromytilus chorus* en el estuario Queule (Sur de Chile) y su uso como fuente proveedora de semilla para cultivo. *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura* 5(2): 241-250.
- VARELA, C. & G. VALENZUELA. 1983. Comportamiento de la larva y obtención de semilla de *Choromytilus chorus* (Choro zapato) en un estuario del sur de Chile. *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura* 5(2): 241-250.
- YAÑEZ, R.O. 1974. El cultivo experimental de choro y choritos en Putemún, Talcan, Chiloé. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* 48: 315-329.

TABLA I. Número de ejemplares de *Ch. chorus* menores que 2 mm de longitud valvar, de *G. furcellatus* y el sustrato rocoso (datos estandarizados a 25 cm²). Purema, 1989-1993. (- = No se tomó muestras).

Meses	Sobre <i>G. furcellatus</i>	Sobre sustrato rocoso
Abril 1989	0	2
Mayo	0	-
Junio	0	0
Agosto	4.097	0
Septiembre	21.958	-
Octubre	3.849	36
Noviembre	121	-
Enero 1990	20	0
Febrero	5	
Marzo	0	0
Abril	0	
Mayo	3	0
Octubre	16	0
Noviembre	19	
Enero 1991	0	0
Marzo	1	0
Octubre	86	0
Abril 1992	19	0
Agosto 1993	87	0

TABLA II. Porcentaje de ejemplares de *Ch. chorus*, menores o iguales a 20 mm de longitud valvar, talla promedio y desviación estándar del total de ejemplares encontrados sobre *G. furcellatus*. Purema, 1989-1993.

Meses	Ejemplares menores o iguales a 20 mm [%]	Talla promedio del total de ejemplares [mm]	Desviación estándar [mm]
1989			
Abril	96,3	7,8	5,6
Mayo	98,6	7,2	4,0
Junio	95,4	8,6	5,6
Agosto	99,6	1,3	3,6
Septiembre	100	1,0	2,0
Octubre	99,8	1,6	1,2
Noviembre	99,9	4,1	1,8
1990			
Enero	99,4	7,5	3,7
Febrero	97,4	14,0	5,5
Marzo	84,9	14,0	5,5
Abril	93,5	8,9	7,3
Mayo	66,9	14,6	9,7
Octubre	97,2	5,6	6,4
Noviembre	99,4	5,2	2,6
1991			
Enero	97,9	8,6	5,7
Marzo	62,1	16,6	7,2
Octubre	100	1,8	0,9
1992			
Abril	99,5	6,7	3,5
1993			
Agosto	89,7	11,9	6,8

TABLA III. Distribución de tamaños de ejemplares de *Choromytilus chorus* menores a 1 mm de longitud encontrados sobre *Gymnogongrus*. Purema 1989-1991.

Intervalo 0,1 mm	1989				1991
	Ago.	Sep.	Oct	Nov.	Oct.
0,1	0	0	4	0	0
0,2	2	0	5	0	0
0,3	21	12	8	15	0
0,4	477	69	17	32	1
0,5	1.051	94	54	18	3
0,6	514	204	151	19	1
0,7	41	288	268	7	7
0,8	19	382	330	11	13
0,9	15	400	503	12	22
1,0	10	229	255	7	40
Total	2.150	1.678	1.595	121	87

TABLA IV. Número promedio/225 cm² y desviación estándar de *Ch. chorus* encontrados en el sustrato rocoso de Purema. 1989-1993.

		Promedio	Desviación estándar			Promedio	Desviación estándar
1989				1991			
Abril	101,3	34,98		Enero	0	0	
Junio	123,2	70,32		Marzo	0	0	
Agosto	223,4	145,42		Octubre	0	0	
Octubre	190,4	123,82					
1990				1992			
Enero	1.007,3	910,46		Abril	961,0	381,15	
Marzo	344,6	190,93					
Mayo	335,4	280,21		1993			
Octubre	0	0		Agosto	0	0	

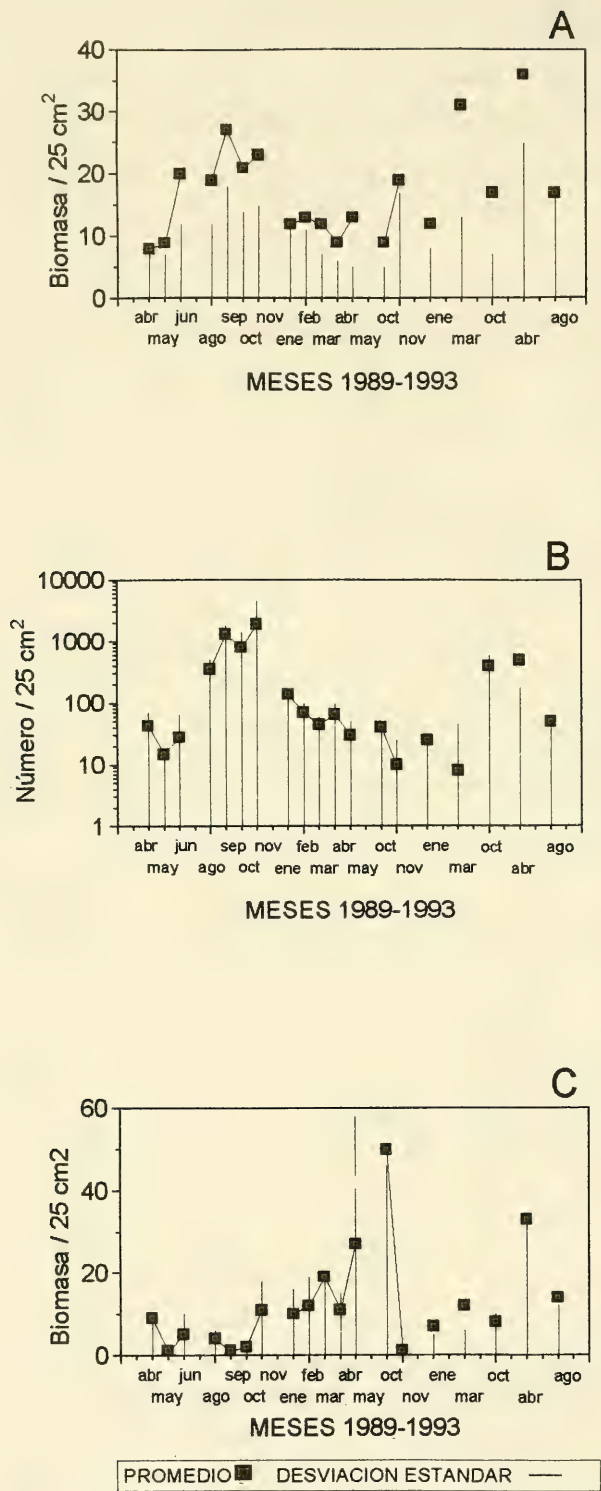


FIGURA 1. Densidad de *Choromytilus chorus* fijado sobre el alga *Gymnogongrus furcellatus*; A=Variación temporal del promedio y de las desviaciones estándar de la biomasa del alga [g/25 cm²]; B = Variación temporal del promedio y de las desviaciones estándar del número de *Ch. chorus*/25 cm² y C = Variación temporal del promedio y las desviaciones estándar de la biomasa de *Ch. chorus* [g/25 cm²]. Purema 1989-1993.

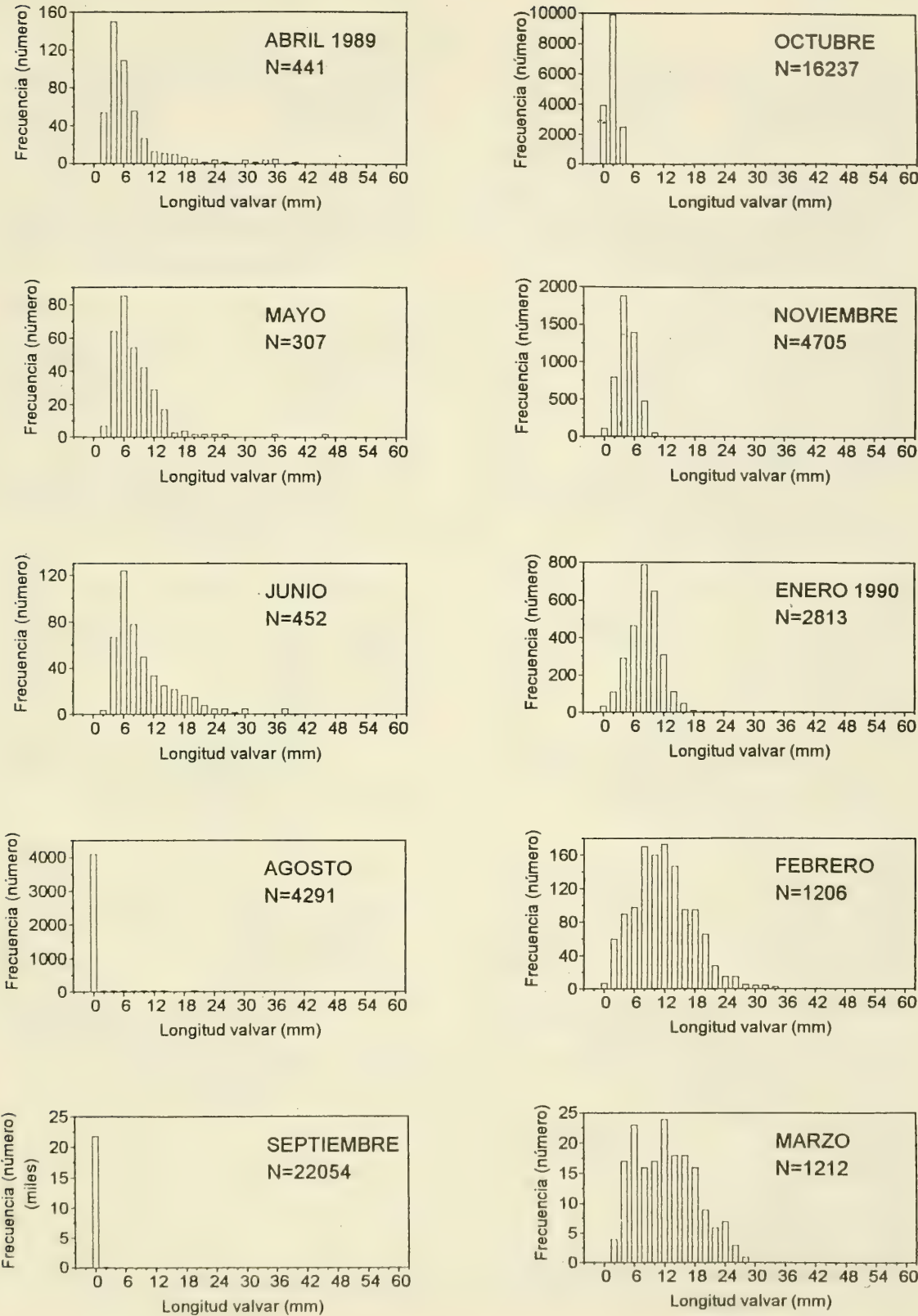
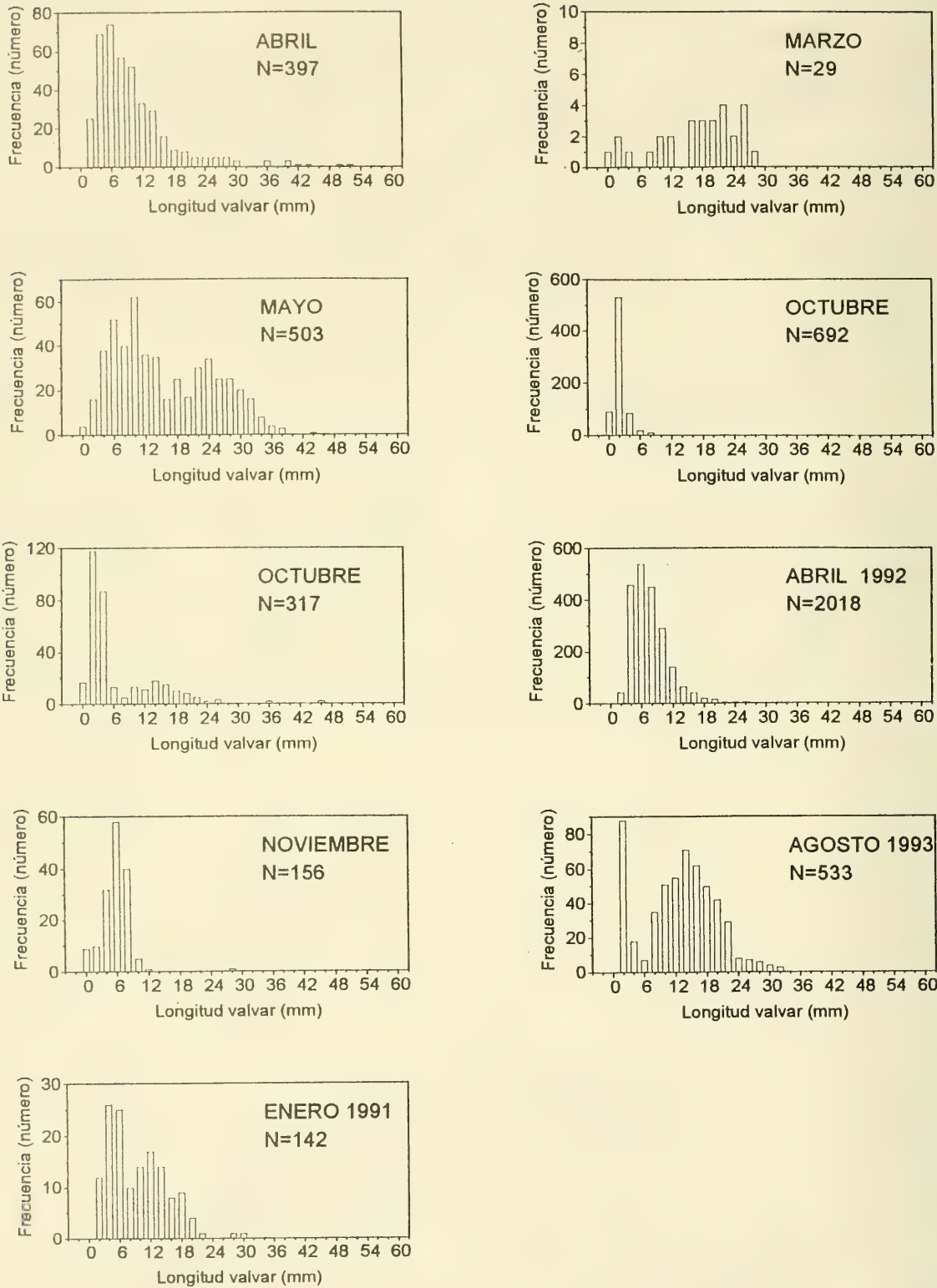


FIGURA 2. Distribuciones de tamaño de *Ch. chorus* fijados sobre *G. furcellatus*. Intervalos 0 y 2, de 1 mm de ancho; resto de los intervalos, de 2 mm de ancho. Purema 1989-1993.



Continuación FIGURA 2.

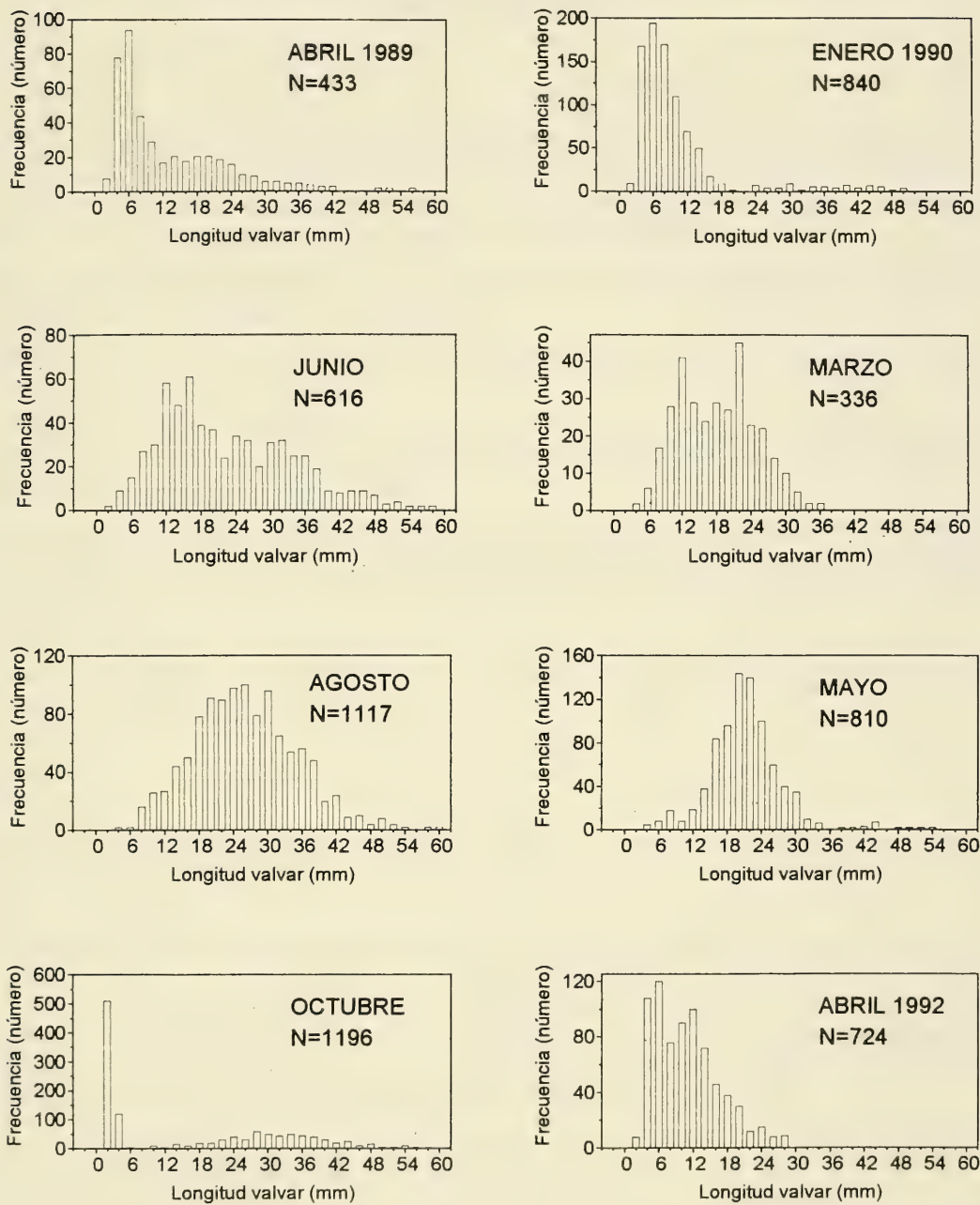


FIGURA 3. Distribuciones de tamaños de *Ch. chorus* fijados sobre sustrato rocoso. Intervalos 0 y 2, de 1 mm de ancho; resto de los intervalos, de 2 mm de ancho. Purema 1989-1992.

REGLAMENTO DE PUBLICACIONES DE LA REVISTA GAYANA OCEANOLOGIA

La revista Gayana, dedicada al distinguido naturalista francés Claudio Gay, es el órgano oficial de Ediciones de la Universidad de Concepción, Chile, para la publicación de resultados de investigaciones originales en el área de las Ciencias Naturales. Está compuesta de las series Botánica, Oceanología y Zoología. Estas series son periódicas de un volumen anual compuesto por dos números.

Recibe trabajos realizados por investigadores nacionales y extranjeros, elaborados según las normas del presente reglamento; la recepción es permanente.

Acepta trabajos escritos en idioma español o inglés. La publicación en otros idiomas deberá ser consultada previamente al Director.

Gayana Oceanología recibe además libros para ser comentados y comentarios de libros, comunicaciones de eventos científicos, obituarios, notas científicas, los cuales se publicarán sin costo luego de ser aceptados por el Comité Editor.

Los trabajos deberán ser entregados en disco de computador según se especifica en el REGLAMENTO DE FORMATO más tres copias impresas completas (incluir fotocopia de figuras y fotos originales), a doble espacio con líneas de 15 cm de longitud y letra no superior de 12 puntos (excepto letras de familias Times).

El Director de la Revista, asesorado por el Comité de Publicación, se reserva el derecho de aceptar o rechazar el trabajo. Los trabajos se enviarán a pares para su evaluación.

TEXTO

El título principal debe ir todo escrito en letra mayúscula y expresar el contenido real del trabajo. Si incluye un nombre genérico o específico, se indicará el rango sistemático inmediatamente superior (ej. Orden, Familia).

El texto deberá contener: Título, título en inglés (o español si el trabajo está en inglés), nombre de los autores, dirección de los autores, Resumen, Abstract, Palabras claves y Keywords (máximo 12 palabras o nombres compuestos separados por coma), Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, Agradecimientos y Bibliografía. Estos títulos deberán ir en mayúsculas sin negrita excepto los nombres de los autores, dirección de los autores, Palabras claves y Keywords deben ir en altas y bajas (normal), al igual que el resto de los títulos no indicados arriba.

Si por alguna circunstancia especial el trabajo debe ser publicado en forma diferente a las disposiciones anteriores, el autor deberá exponer su petición al Director.

La primera prueba de imprenta será enviada al autor principal para su corrección antes de la impresión definitiva. Si ello fuere imposible o dificultoso, la corrección será realizada por un Comité de Publicación *ad hoc*, dicha comisión no se hará responsable de lo mencionado en el texto, por lo cual se solicita que cada manuscrito venga en su forma definitiva para ser publicado (Jerarquizar títulos y subtítulos, ortografía, redacción, láminas, etc.)

Los nombres científicos y las locuciones latinas serán las únicas que irán en *cursiva* en el texto. La primera vez que se cite una unidad taxonómica deberá hacerse con su nombre científico completo (género, especie y autor).

Las medidas deberán ser expresadas en unidades del sistema métrico separando los decimales con punto

(0.5). Si fuera necesario agregar medidas en otros sistemas, las abreviaturas correspondientes deben ser definidas en el texto.

Las citas en el texto deben incluir nombre del autor y año (ejemplo: Smith, 1952). Si hay dos autores se citarán separados por & y seguidos del año previa coma (ejemplo: Gómez & Sandoval, 1985). Si hay más de dos autores, sólo se citará el primero seguido de coma y la expresión *et al.* (ejemplo: Seguel *et al.*, 1991). Si hay varios trabajos de un autor en un mismo año, se citará con una letra en secuencia adosada al año (ejemplo: 1952a).

La bibliografía incluirá sólo las referencias citadas en el texto, dispuestas por orden alfabético del apellido del primer autor, sin número que lo anteceda. La cita deberá seguir las normas de Style Manual of Biological Journals para citar correctamente fechas, publicaciones, abreviaturas, etc.

La nomenclatura se registrará por el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.

FIGURAS

Las figuras se numerarán en orden correlativo con números arábigos. Las tablas de igual modo con números romanos. Cada tabla debe llevar un título descriptivo en la parte superior.

Los dibujos deben ser de alto contraste y deben llevar una escala para facilitar la determinación del aumento.

Las fotografías se considerarán figuras para su numeración; serán en blanco y negro o en color, brillantes, de grano fino y buen contraste y deben ser acompañadas de una escala para la determinación del aumento. La inclusión de fotografías o figuras en color deberá ser consultada previamente al Director de la Revista.

No se aceptarán fotografías y dibujos agrupados en la misma lámina. Las fotografías deben ser recortadas para mostrar sólo los caracteres esenciales y montadas en cartulina blanca sin dejar espacios entre ellas cuando se disponen en grupos.

En la copia impresa del trabajo se deberá indicar en forma clara y manuscrita la ubicación relativa de las tablas y figuras si procede.

Las ilustraciones deberán tener un tamaño proporcional al espacio en el que el autor desea ubicarlas; ancho una columna: 70 mm; ancho de página: 148 mm; alto de página: 220 mm incluido el texto explicativo.

Las láminas originales no deberán tener más del doble del tamaño de impresión ni ser inferior a éste. Se recomienda considerar las reducciones para los efectos de obtener los números de las figuras de similar tamaño dentro del trabajo, luego que éstas se sometan a reducciones diferentes.

En el reverso de las láminas originales se deberá indicar el nombre del autor, título del trabajo y número de figuras.

Al término del trabajo se deberá entregar en forma secuencial las explicaciones de cada una de las figuras.

REGLAMENTO DE FORMATO

Los manuscritos se recibirán sólo en discos de computador de 3,5" formateados para computadores Apple Macintosh o IBM/PC compatibles. Los trabajos pueden tener el formato de cualquiera de los

siguientes programas: Microsoft Word (cualquier versión)- WordStar (3.0 al 6.0) - WordPerfect 4.2 ó 5.1 (PC o Mac).

Letra. Cualquiera letra tamaño 12 o superior, excepto Times.

Espacios. Colocar un único espacio después de cualquier signo ortográfico [punto, coma, dos puntos, punto y coma] y **nunca antes del signo ortográfico**. La única excepción a esta regla se aplica en las iniciales del autor en la bibliografía y en las citas en el trabajo.

Párrafos. Los párrafos deben ir sin sangría, justificados y sin espacio entre un párrafo y otro.

En lo posible evite las palabras subrayadas, si desea destacar algo utilice **negrita**. Destine los caracteres *cursiva* para los nombres científicos o palabras latinas, incluso si se escriben en mayúsculas. Cuando encabezan un párrafo deben ir en **negrita cursiva**.

Comillas. Sólo usar doble comillas (“ ”), no usar otro signo similar o equivalente.

Letras griegas. No incluir letras griegas en el texto ni provenientes del teclado ni manuscritas. En su lugar escribir el nombre de la letra (ejemplo: alfa), en la impresión definitiva aparecerá el carácter griego.

Macho y Hembra: para indicar, en Material Examinado, los símbolos macho y hembra, éstos deben escribirse (macho,hembra), en la impresión definitiva aparecerá el símbolo correspondiente.

Bibliografía. Los nombres de los autores deben ir en altas y bajas. Coloque un punto antes y después del año de publicación. (Ejemplo: Smith, J.G., A.K. Collins. 1983.). No use sangrías. Para las referencias que son volúmenes no use espacio después de dos puntos, ejemplo: Rev. Biol. Mar. 4(1):284-295.

Tablas. Reducir al máximo el uso de tablas o cuadros complicados o difíciles de componer. No usar espacios para separar una columna de otra en las tablas, para ello usar exclusivamente tabuladores. No se aceptarán trabajos que contengan tablas confeccionadas con espaciador.

Los manuscritos que no cumplan con esta reglamentación serán devueltos a sus autores para su corrección antes de incorporarlos al proceso de revisión.

VALOR DE IMPRESION:

El valor de la publicación es de US\$ 20.00 por página (con láminas en blanco y negro) y de US\$ 35.00 por página (con láminas en color).

El Director de la Revista considerará la exención total o parcial del valor de publicación para manuscritos no originados en proyectos de investigación.

SOUTHERN TEMPERATE BIOTA AND ECOSYSTEMS
"PAST, PRESENT AND FUTURE"

An International Congress of Southern Connection

The II Southern Connection Congress, "Southern Temperate Biota and Ecosystems", will be held 6-11 January, 1997 in southern Chile. The congress will focus on the evolution and biogeography of key taxonomic groups, ecological dynamics and present and future land use patterns in southern temperate lands. The congress will be organized around symposia (With invited speakers), contributed papers and posters. Field trips in southern Chile are planned. The I Southern Congress was held 18-23 January, 1993 in Hobart, Tasmania, and was an evident success. Chile was selected to organize the II Southern Connection Congress. The official congress language will be english. However, posters in spanish with an english summary will be accepted.

Southern Connection was created 25 May, 1991. Present members of the Steering Committee are: Ebbe Nielsen (Australia), Thomas T. Veblen (USA), Judy West (Australia), Mary Kalin Arroyo (Chile), Jorge Crisci (Argentina), Matt McGlone (New Zealand) and Peter H. Raven (USA). A newsletter is edited and can be obtained from Dr. Robert Hill, Department of Plant Sciences, University of Tasmania, GPO Box 252C, Hobart, Tasmania, Australia 7001. Fax: 61-02-202698; E-mail: Bob.Hill@plant.utas.edu.au.

Person interested in being included on the mailing list for future information about the congress are requested to complete the enclosed form and send it to:

Señor Ignacio Fuenzalida
Local Organizer
II Southern Connection Congress
Sección Botánica
Departamento de Biología
Facultad de Ciencias
Universidad de Chile, Casilla 653
Fax: 56(2)271-2983
E-mail:

SOUTHERN@ABELLO.SECI.UCHILE.CL
BOTANICA@ABELLO.SECI.UCHILE.CL

Mary T. Kalin Arroyo
Universidad de Chile

Antonio Lara
Universidad Austral de Chile

Congress Presidents

MBL WHOI Library - Serials



5 WHSE 03448

GAYANA OCEANOLOGIA

VOLUMEN 2

NUMERO 2

1994

CONTENIDO/CONTENTS

SALAMANCA, M.A. & A. CAMAÑO. Historia de la contaminación por metales en traza en dos áreas costeras del norte y centro-sur de Chile.....31

Trace metal pollution history of two coastal areas in Northern and Central South Chile

CARRASCO, F.D. & V. A. GALLARDO. Diversidad, distribución y abundancia del macrobentos sublitoral y observaciones sobre la dinámica temporal de corto término de los sedimentos de la Bahía Concepción, Chile.....49

Species diversity, distribution and abundance of the sublittoral macrobenthos, and observations on short term temporal dynamics of the sediments at Bahía Concepción, Chile

LEPEZ, I.M., O.L. ARACENA, C. SANTOS & O. OLIVARES. Asentamiento y reclutamiento de *Choromytilus chorus* en el intermareal de Purema. VIII Región, Chile.....69

Settlement and recruitment of *Choromytilus chorus* in the intertidal of Purema, VIII Region, Chile

Deseamos establecer canje con revistas similares
Correspondencia, Biblioteca y canje:



COMITE DE PUBLICACION
CASILLA 2407, CONCEPCION
CHILE

EDICIONES UNIVERSIDAD DE CONCEPCION